



**Rachel Furioso Daolio**

**Biologia populacional do poliqueta *Polydora neocaeca* associado a bancos de *Mytella charruana***

**Population biology of the polychaete *Polydora neocaeca* associated with *Mytella charruana* mussel beds**

**Campinas  
2014**





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

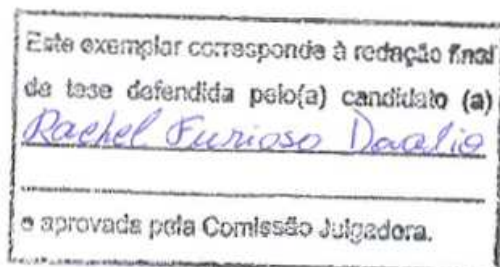
INSTITUTO DE BIOLOGIA



Rachel Furioso Daolio

**Biologia populacional do poliqueta *Polydora neocaeca* associado a bancos de *Mytella charruana***

**Population biology of the polychaete *Polydora neocaeca* associated with *Mytella charruana* mussel beds**



Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de Mestra em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Antonia Cecília Zacagnini Amaral

Campinas  
2014

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

D238b Daolio, Rachel Furioso, 1985-  
Biologia populacional do poliqueta *Polydora neocaeca* associado a bancos de *Mytella charruana* / Rachel Furioso Daolio. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Antonia Cecília Zacagnini Amaral.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Poliqueta. 2. Mytilidae. 3. Morfometria. 4. Dinâmica populacional. 5. Animais - Crescimento. I. Amaral, Antonia Cecília Zacagnini, 1948-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Population biology of the polychaete *Polydora neocaeca* associated with *Mytella charruana* mussel beds

**Palavras-chave em inglês:**

Polychaeta

Mytilidae

Morphometrics

Population dynamics

Animals - Growth

**Área de concentração:** Ecologia

**Titulação:** Mestra em Ecologia

**Banca examinadora:**

Antonia Cecília Zacagnini Amaral [Orientador]

Leonardo Querobim Yokoyama

Maikon Di Domenico

**Data de defesa:** 29-08-2014

**Programa de Pós-Graduação:** Ecologia

Campinas, 29 de agosto de 2014

**BANCA EXAMINADORA**

Profa. Dra. A. Cecília Z. Amaral (Orientadora)



Assinatura

Prof. Dr. Leonardo Querobim Yokoyama



Assinatura

Dr. Maikon Di Domenico



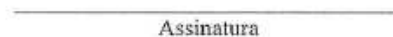
Assinatura

Prof. Dr. André Rinaldo Senna Garraffoni



Assinatura

Dra. Márcia Regina Denadai



Assinatura



**Àqueles que dão sentido à minha vida:  
Minha mãe, meu pai e meu irmão.**





## Agradecimentos

À Cecília, pela orientação não só no trabalho, mas na vida. Você é e sempre será um exemplo para mim. Muito obrigada pelos conselhos, pelo apoio, pelo prazeroso convívio, pela paciência, pela paciência e, principalmente, pela paciência. Guardo com muito carinho incontáveis ensinamentos da minha mãe acadêmica e ótimas recordações;

Ao Curso de Pós-graduação em Ecologia do IB-UNICAMP, seus funcionários e professores, pela excelente formação que me proporcionaram;

À CAPES, pela bolsa concedida e ao CNPq, à FAPESP e à FAEPX/UNICAMP, pelo financiamento das coletas;

Ao Centro de Biologia Marinha da USP (CEBIMar-USP), pela infraestrutura durante as coletas e ao Laboratório de Macrobentos Marinhos do Departamento de Biologia Animal do IB/UNICAMP, pela infraestrutura em Campinas;

Aos amigos do projeto BIOPORE, André, Camila, Carol, Fábio, Gisele, Jolnnye, Leonardo e Priscila, pela companhia e pelas risadas nas coletas e pelos inúmeros ensinamentos. Um obrigada em especial ao Fábio que me co-orientou na iniciação científica e dividiu comigo o árduo trabalho de triagem e medição dos polidórídeos;

Aos amigos do lab, Angélica, Camila, Décio, Giulia, Guilherme, Juliana, Hélio, Marcela, Maikon, Micael, Mônica, Nathalia, Rafael, Renato, Silvana, Tatiana, Thalita e Vanessa, por me apoiarem sempre. Foram quantas prévias de qualificação mesmo? E agradeço também por fazerem com que a nossa rotina de trabalho e de coleta fosse tão divertida; pra não dizer hilária, neh? A amizade de vocês é o que eu ganhei de mais precioso nessa experiência. Vocês moram no meu coração!;

A Camila, não só por ter compartilhado esse experiência (e o capítulo 1) comigo desde o início, em 2005, mas por ser sempre tão presente. Sua amizade é importante demais pra mim!;

Ao Micael, que tantas vezes discutiu sobre morfometria comigo e escreveu um santo script que em um “ctrl R” faz o que eu levava uma semana para fazer;

Ao Guilherme, por toda a ajuda e incentivo. Não tenho nem como te agradecer o suficiente. O capítulo 3 também é seu. Obrigada por ter me feito acreditar que era possível!;

Aos amigos e colegas da pós que dividiram comigo esse longo caminho. Em especial, à Gabriela e à Nathalia que tantas vezes me ofereceram seus ombros e aliviaram minhas angústias;

Aos professores André Rinaldo Senna Garraffoni, Leonardo Querobim Yokoyama, Maikon Di Domenico e Márcia Regina Denadai que tanto contribuíram para o enriquecimento desse trabalho com comentários e sugestões durante a pré-banca e a defesa;

À meus amigos e familiares que me dão forças para seguir o meu caminho. Em especial, aos meus pais, Dirlei e Shirlei, ao meu irmão Raphael e à minha cunhada Jessica. Muito obrigada pelo amor sincero, pelo apoio incondicional, pelo incentivo constante e pela pronta compreensão. Vocês fazem tudo valer a pena!;

E à todos aqueles que passaram em minha vida, deixando um pouquinho de si e levando um pouquinho de mim.

## RESUMO

Os polidorídeos são poliquetas da família Spionidae cuja característica principal é a presença de cerdas em forma de ganchos no 5º setígero. Algumas espécies habitam fundos não consolidados, enquanto que outras, como *Polydora neocaeca*, habitam substratos consolidados, podendo ou não perfurar estruturas calcárias como corais e conchas de moluscos. A forma de perfuração é pouco compreendida, existindo hipóteses de que seja mecânica, química ou a combinação desses processos. A infestação raramente causa a morte direta dos hospedeiros, porém os torna suscetíveis a outros parasitas e doenças. Por essa razão, os polidorídeos são considerados pragas pela indústria de moluscos. *Polydora neocaeca* parasita o mexilhão *Mytella charruana* que pode ser encontrado formando bancos na região entremarés de praias abrigadas. Dois bancos de *M. charruana* localizados nas praias do Camaroeiro e da Cidade na enseada de Caraguatatuba (Litoral Norte do Estado de São Paulo) foram estudados de março de 2006 a março de 2007. Na porção central de cada banco, foram traçados transectos perpendiculares à linha d'água, sendo sorteado mensalmente um de cada banco para amostragem. Em cada transecto, substratos de três níveis foram coletados com o auxílio de um delimitador de 0,04 m<sup>2</sup> para a triagem dos mitilídeos e dos polidorídeos. O presente trabalho teve como objetivo (1) caracterizar as duas áreas de estudo quanto a variáveis ambientais (perfil praiar, salinidade da água intersticial, temperaturas do ar e do sedimento e granulometria, teor de calcário e conteúdo de matéria orgânica do sedimento) e estrutura (densidade de *M. charruana*); (2) analisar a morfometria dos dois grupos de *P. neocaeca* (do Camaroeiro e da Cidade); e (3) avaliar a biologia populacional destes, incluindo sua dinâmica, estrutura etária, recrutamento, crescimento e mortalidade. O perfil da praia do Camaroeiro permitiu classificá-la como de dissipativa a intermediária e, o da Cidade, como intermediária do tipo terraço de baixamar. A densidade de *M. charruana*, o conteúdo médio de calcário e a fração do sedimento de silte + argila foram maiores no banco da Cidade. As demais variáveis foram semelhantes entre os dois bancos. O único modelo de crescimento alométrico que apresentou um bom suporte às medidas morfométricas dos dois grupos de *P. neocaeca* foi o modelo de dois segmentos. Esses polidorídeos apresentaram alometria negativa, ou seja, ao longo do seu desenvolvimento o aumento no número total de setígeros é proporcionalmente menor do que o aumento no comprimento total. A largura do setígero 5 foi selecionada como a medida parcial mais adequada para a estimativa do tamanho total dos

indivíduos. Apesar da diferença estrutural entre os bancos, *P. neocaeca* apresentou padrão temporal de recrutamento e parâmetros de crescimento semelhantes entre os dois grupos. Isso sugere que há fluxo gênico (via dispersão) entre eles, tratando-se de uma única população. Porém, a abundância, o tamanho médio da largura do setígero 5 e a longevidade desses polidorídeos foram maiores na Cidade, enquanto que sua mortalidade foi maior no Camaroeiro. Essas diferenças estão mais relacionadas á densidade de mitilídeos hospedeiros (maior no banco da Cidade) do que ás demais variáveis analisadas.

**Palavras-chave: Polidorídeos, Infestação, Morfometria, Dinâmica Populacional, Recrutamento, Crescimento e Mortalidade**

## ABSTRACT

Polydorids are polychaetes from the Spionidae family whose main characteristic is the presence of modified hooks on the 5<sup>th</sup> setiger. Some species inhabit soft substrata, while others, such as *Polydora neocaeca*, inhabit hard substrata, boring or not self-excavated burrows on calcareous structures such as corals and mollusk shells. The boring mechanism is poorly understood and might be mechanical, chemical or the combination of these processes. The infestation rarely causes the direct death of hosts, but makes them susceptible to other parasites and diseases. Thus polydorids are considered as pests by the fishery industry. *Polydora neocaeca* parasites the *Mytella charruana* mussel, which can be found forming beds on the intertidal region of sheltered beaches. Two *M. charruana* beds located at the Camaroeiro and the Cidade beaches from Caraguatatuba Bay (North Coast of São Paulo State) were studied from March 2006 to March 2007. On the central portion of each mussel bed, transects were delimited perpendicular to the waterline, with one from each mussel bed being monthly sampled. On each transect, three levels of substrata were collected with a 0.04 m<sup>2</sup> corer in order to sample the mytilid and the polydorid individuals. This study aimed to (1) characterize the two sites regarding their environmental variables (beach slope, interstitial water salinity, air and sediment temperatures, and sediment granulometry, calcareous content and organic matter) and structure (*M. charruana* density); (2) analyze the morphometrics of the two groups of *P. neocaeca* (Camaroeiro and Cidade); and (3) assess the population biology of these groups, including their dynamics, size structure, recruitment, growth, and mortality. The Camaroeiro beach slope enabled its classification as a dissipative to intermediate beach, and the Cidade one, as a low-tide terrace intermediate beach. The *M. charruana* density, the mean calcareous content, and the silt + clay sediment fraction were higher at the Cidade mussel bed. The other variables were similar between the two beds. The only allometric growth model that showed good support as to the morphometric measures of both *P. neocaeca* groups was the two segments model. These polydorids showed negative allometry, which indicates that, along their development, the total number of setigers increase is proportionately smaller than the total length increase. The width of the setiger 5 was selected as the most appropriate partial measure for estimating the individuals total size. Despite the structural difference between the mussel beds, *P. neocaeca* presented similar recruitment temporal pattern and growth parameters between the two groups. This suggests that there is a

gene flow (by dispersal) between them, which constitute a single population. However, the abundance, the mean width of the setiger 5, and the longevity of these polydorids were higher at Cidade, whereas their mortality was higher at Camaroeiro. These differences are more related to the host density (higher at the Cidade mussel bed) than to the other analyzed variables.

**Keywords: Polydorids, Infestation, Morphometrics, Population Dynamics, Recruitment, Growth, and Mortality**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	1
Referências Bibliográficas .....	4
 Capítulo 1	
<b>Caracterização estrutural dos bancos de <i>Mytella charruana</i> em fundos não consolidados do entremarés das praias do Camaroeiro e da Cidade</b> .....	6
Resumo.....	7
Abstract .....	8
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Área de estudo e bancos de mitilídeos .....	10
Procedimentos de campo.....	12
Processamento das amostras e análise dos dados.....	13
Resultados .....	14
Perfil praial e localização dos bancos .....	14
Salinidade e temperatura .....	15
Sedimento.....	16
Densidade de <i>Mytella charruana</i> dos bancos .....	21
Discussão.....	22
Referências Bibliográficas .....	26
 Capítulo 2	
<b>Morfometria do poliqueta <i>Polydora neocaeca</i></b> .....	29
Resumo.....	30
Abstract .....	31
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	34
Amostragem e procedimentos laboratoriais .....	34
Análise dos dados.....	35
Resultados .....	37
Forma corporal ao longo do desenvolvimento.....	38
Estimativa de tamanho total a partir de medida parcial .....	43
Discussão.....	50
Referências Bibliográficas .....	52
 Capítulo 3	
<b>Population biology of <i>Polydora neocaeca</i> (Williams &amp; Radashevsky, 1999), a polychaete species that infects mussel beds</b> .....	54
 <b>Considerações Finais</b> .....	82





## APRESENTAÇÃO

Havendo conquistado a totalidade dos habitats marinhos, os poliquetas assumem grande expressão especialmente nas biocenoses bentônicas, desde a zona de marés até as grandes profundezas oceânicas (Amaral & Nonato, 1996). São animais importantes, tanto no que diz respeito ao número de indivíduos e de espécies, quanto na contribuição à porcentagem total de biomassa e produtividade da comunidade (Knox, 1977). Além disso, populações de poliquetas são cruciais no controle das propriedades do sedimento (Rhoads, 1974; Knox, 1977), ocupam posição importante na rede trófica dos mares e representam excelentes indicadores para o monitoramento do tipo e do grau de poluição de determinadas áreas (Pearson & Rosenberg, 1978). Algumas espécies são particularmente apreciadas como isca para a pesca esportiva (Choi & Lee, 1997; Amaral, 2005), enquanto outras produzem uma toxina letal para muitos insetos, revelando promissora fonte de inseticida de origem biológica (Amaral & Nonato, 1996).

Poliquetas da família Spionidae apresentam ampla distribuição geográfica resultante da adoção de uma variedade de estratégias alimentares e reprodutivas, as quais podem inclusive apresentar certo grau de plasticidade (Blake, 1996). Além disso, para muitas espécies, o transporte de suas formas planctônicas (adultas ou larvais) em água de lastro de navios comerciais possibilita o estabelecimento das mesmas em ambientes antes não povoados por elas (Carlton, 1985). Outra atividade humana que amplia a distribuição de algumas espécies é o transporte de poliquetas incrustados em organismos de interesse econômico que servem de veículo para a introdução de tais espécies em localidades onde sua ocorrência não havia sido registrada (Blake & Woodwick, 1975).

O maior e mais diversificado grupo de poliquetas dentro da família Spionidae é conhecido como polidorídeos, termo usado coletivamente para indivíduos que possuem cerdas em forma de ganchos no 5º setígero. Esse grupo apresenta aproximadamente 115 espécies dentre 8 gêneros (*Amphipolydora*, *Boccardia*, *Boccardiella*, *Carazziella*, *Dipolydora*, *Polydora*, *Pseudopolydora* e *Tripolydora*). Algumas espécies constroem tubos e estabelecem densas populações em fundos não consolidados, que vão de areia até lama (Blake, 1996). Outras, habitam substratos consolidados como, por exemplo, corais vivos (Lewis, 1998) e conchas de moluscos (Neptune, 1998), podendo ou não perfurar estruturas calcárias de possíveis hospedeiros (Sato-Okoshi, 1999,

2000). Nesse último caso, a infestação raramente causa a morte direta dos hospedeiros, porém os enfraquece, tornando-os suscetíveis a outros parasitas e doenças (Galtsoff, 1964).

A enfermidade chamada “Polidiarisis” é considerada de alto risco, do tipo parasitário e endêmico (Cañete, 1994). O caráter parasitário é favorecido uma vez que, nessa situação, os polidorídeos encontram-se temporariamente livres de predação, crescendo sem um agente controlador. O fato de ser endêmica é resultante do caráter denso-dependente positivo desses animais em relação ao substrato calcário, o que sugere que quanto maior a disponibilidade de tal substrato, maior será sua infestação (Neptune, 1998). Por essas razões, os polidorídeos são considerados pestes pela indústria de moluscos, sendo que, além de danificar as conchas, podem causar flacidez na carne e reduzir seu crescimento e fecundidade, diminuindo sua qualidade e valor comercial (Kent, 1979). Esses prejuízos são resultados do estresse sofrido pelo molusco e pelo seu gasto de energia na secreção de uma camada de conchiolina recoberta por material nacarado, que serve para barrar a penetração do verme na massa visceral. Ocorre, portanto, a formação de uma bolha que pode conter fezes ou pseudofezes produzidas pelo polidorídeo e lama transportada pelo mesmo (Blake & Evans, 1973). A forma de perfuração é pouco compreendida, existindo hipóteses de que seja mecânica (utilização dos ganchos modificados), química (secreção ácida) ou a combinação desses dois processos (Sato-Okoshi & Okoshi, 2000).

Possíveis tratamentos para essas infestações têm sido o foco de alguns trabalhos como, por exemplo, o de Neptune (1998) no qual a utilização do ouriço do mar *Lytechinus variegatus* como controlador biológico em cultivos do bivalve *Crassostrea gigas* foi considerada apropriada por tratar-se de um método pouco invasivo, uma vez que os ouriços predam os polidorídeos diminuindo a porcentagem de infestação dos cultivos sem aumentar a mortalidade dos bivalves. Estudos dessa natureza são essenciais para se propor ações que evitem ou reduzam a contaminação dos moluscos, resultando em seu adequado aproveitamento como fonte alimentar e econômica. A expansão crescente da maricultura no Brasil como forma de reduzir o extrativismo e a pesca predatória (Roczansky *et al.*, 2000), além de propiciar o desenvolvimento econômico de comunidades litorâneas (Sabry, 2003), desperta a importância de estudos relacionados, não só às espécies de interesse econômico, mas também àquelas que possam influenciar positiva ou negativamente sua produção e desenvolvimento.

Além desse enfoque no manejo de espécies de interesse econômico, há trabalhos que abordam especificamente as populações de polidorídeos. A análise da variação espaço-temporal

desses organismos, relacionando-a a variáveis ambientais, é essencial para o entendimento da sua estrutura e dinâmica (Silva *et al.*, 2006). Segundo Sardá *et al.* (2000), o entendimento do ciclo de vida de uma espécie de poliqueta depende de uma interpretação correta do significado ecológico dos processos de recrutamento, crescimento e mortalidade. Existem boas informações sobre a dinâmica populacional de *Polydora cornuta* e *Boccardia syrtis* (Pedersen *et al.*, 2008; Sardá *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 2006; Whitlatch *et al.*, 1998; Zajac, 1991), sendo que não foi encontrado nenhum estudo sobre *Polydora neocaeca*.

O objetivo desse trabalho foi aprofundar o conhecimento referente à *Polydora neocaeca* (Williams & Radashevsky, 1999), uma espécie de polidorídeos parasitas do bivalve *Mytella charruana*, sendo que este apresenta potencial econômico e pode ser encontrado formando bancos na região entremarés de praias abrigadas do Litoral Norte do Estado de São Paulo (Amaral & Nallin, 2011). Nesse contexto, são descritos e discutidos nos três capítulos do presente trabalho os padrões ambientais das praias do Camaroeiro e da Cidade (Caraguatatuba, SP) e os processos populacionais de *P. neocaeca* amostrada em dois bancos de *M. charruana* que ocorrem nessas praias.

No primeiro capítulo é apresentada uma caracterização das duas áreas de estudo, avaliadas quanto aos parâmetros ambientais de temperaturas do ar e do sedimento, da salinidade da água intersticial e da granulometria e dos teores de calcário e de matéria orgânica do sedimento. Além disso, a densidade de *M. charruana* dos bancos foi avaliada espaço-temporalmente.

No capítulo 2, análises morfométricas de diferentes medidas de tamanho de *P. neocaeca* foram realizadas com a finalidade de averiguar como a forma corporal dos indivíduos varia ao longo de seu desenvolvimento e qual a medida de tamanho parcial é a mais adequada para a estimativa do tamanho total dos indivíduos.

No capítulo 3 é abordada a dinâmica populacional de *P. neocaeca*, avaliada por análises temporais de densidade e por comparações entre as áreas de amostragem. Foram estudados, também, a estrutura etária, os padrões de recrutamento, crescimento e mortalidade e a longevidade dos indivíduos de cada banco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, A.C.Z., 2005. *Invertebrados aquáticos*. **In:** *Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as listas das espécies quase ameaçadas e deficientes de dados*. (eds. Machado, A.B.M.; Martins, C.S. & Drummond, G.M.). Fundação Biodiversitas, p. 99-115.
- Amaral, A.C.Z. & Nonato, E.F., 1996. *Annelida: Polychaeta: Características, Glossário e Chaves para Famílias e Gêneros da Costa Brasileira*. Editora da UNICAMP, Campinas, SP, 124 pp.
- Amaral, A.C.Z. & Nallin, S.A.H., 2011. *Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo – Sudeste do Brasil*. Campinas, SP: Unicamp/IB.
- Blake, J.A., 1996. *Family Spionidae Grube, 1850*. **In:** *The Annelida Part 3. Vol. 6. Polychaeta: Orbiniidae to Cossuridae*. (eds. Blake, J. A.; Hilbig, B. & Scott, P. H.). Santa Barbara Museum of Natural History, p. 81-224.
- Blake, J.A. & Evans, J.W., 1973. *Polydora* and related genera as borers in mollusk shells and other calcareous substrates. *The Veliger*, **15**: 235-249.
- Blake, J.A. & Woodwick, K.H., 1975. Reproduction and larval development of *Pseudopolydora paucibranchiata* (Okuda) and *Pseudopolydora kempfi* (Southern) (Polychaeta: Spionidae). *Biological Bulletin*, **149**: 109-127.
- Cañete. A.J., 1994. Metodos de prevenction, manejo e control de la plaga *Polydora* (Polychaeta: Spionidae) em cultivos de *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae). *Programa FAT-PYMI, Pesquera Mares do Chile, S.A.*
- Carlton J.D., 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, **23**: 313-371.
- Choi, J.W. & Lee, J.H., 1997. Secondary production of a nereid species, *Perinereis aibuhitensis* in the intertidal mudflat of the west coast of Korea. *Bulletin of Marine Science*, **60**: 517-528.
- Galtsoff, P.S., 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service*, **64**: 1-480.
- Kent, R.M.L., 1979. The influence of heavy infestations of *Polydora ciliata* on the flesh content of *Mytilus edulis*. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, **59**: 289-297.
- Knox, C.A., 1977. *The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities*. **In:** *Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman*. (eds. Reish, D.J. & Fauchauld, K.). Allan Hancock Found, p. 547-604.
- Lewis, J.B., 1998. Reproducton, larval development and functional relationships of the borrowing, spionid polychaete *Dipolydora armata* with the calvareous hydrozoan *Millepora complanata*. *Marine Biology*, **130**: 651-662.
- Neptune, Y.M.B., 1998. *O ouriço do mar Lytechinus variegatus (Lamarck) como controlador biológico do “fouling” e do poliqueta Polydora websteri nos cultivos de Crassostrea gigas (Thunberg, 1793), na baía Norte da Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Pearson T.H. & Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, **16**: 229-311.
- Pedersen, T.M.; Hansen, J.L.S.; Josefson, A.B. & Hansen B.W., 2008. Mortality through ontogeny of soft-bottom marine invertebrates with planktonic larvae. *Journal of Marine Systems*, **73**: 185-207.

- Rhoads, D.C., 1974. Organism-sediment relations in the muddy sea-floor. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, **12**: 263-300.
- Roczansky, M.; Costa, S.W.; Boll, M.G. & Oliveira Neto, F.M., 2000. *A evolução da aquicultura no Estado de Santa Catarina - Brasil*. In: *AQUICULTURA BRASIL 2000*, Florianópolis, SC.
- Sabry, R.C., 2003. *Parasitas em ostras de cultivo (Crassostrea rhizophorae e Crassostrea gigas) da Ponta do Sambaqui, Florianópolis, SC*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sardá, R.; Foreman, K. & Valiela, I., 1995. Macroinfauna of a Southern New England salt marsh: seasonal dynamics and production. *Marine Biology*, **121**: 431-445.
- Sardá, R.; Pinedo, S. & Dueso, A., 2000. Estimating secondary production in natural populations of polychaetes: some general constraints. *Bulletin of Marine Science*, **67**(1): 433-447.
- Sato-Okoshi, W., 1999. Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) in Japan, with descriptions of morphology, ecology and burrow structure: 1- Boring species. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, **79**: 831-484.
- Sato-Okoshi, W., 2000. Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) in Japan, with descriptions of morphology, ecology and burrow structure: 2- Non-boring species. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, **80**: 443-456.
- Sato-Okoshi, W. & Okoshi, K., 2000. Structural characteristics of self-excavated burrows by boring polydorid species (Polychaeta, Spionidae). *Bulletin of Marine Science*, **67**: 235-248.
- Silva, G.; Costa, J.L.; Almeida, P.R. & Costa, M.J., 2006. Structure and dynamics of a benthic invertebrate community in an intertidal area of the Tagus estuary, western Portugal: a six year data series. *Hydrobiologia*, **555**: 115-128.
- Whitlatch, R.B.; Lohrer, A.M.; Thrush, S.F.; Pridmore, R.D.; Hewitt, J.E.; Cummings, V.J. & Zajac, R.N., 1998. Scale-dependent benthic recolonization dynamics: life stage-based dispersal and demographic consequences. *Hydrobiologia*, **375/376**: 217-226.
- Zajac, R.N., 1991. Population ecology of *Polydora ligni* (Polychaeta: Spionidae). I. Seasonal variation in population characteristics and reproductive activity. *Marine Ecology Progress Series*, **77**: 197-206.

# Capítulo 1

---

**Caracterização estrutural dos bancos de *Mytella charruana* em fundos não consolidados do entremarés das praias do Camaroeiro e da Cidade**

## RESUMO

Os bancos de mitilídeos consistem de uma matriz física de indivíduos vivos e mortos e fragmentos de concha, interconectados por um emaranhado de filamentos do bisso. O estudo da caracterização estrutural de dois bancos de mitilídeos (*Mytella charruana*) foi realizado entre abril de 2006 e fevereiro de 2007, nas praias do Camaroeiro e da Cidade (Litoral Norte do Estado de São Paulo). Amostras mensais foram obtidas com o auxílio de um delimitador de 0,04 m<sup>2</sup> de área, até 20 cm de profundidade, nos níveis superior, médio e inferior do banco, sendo este último o mais próximo da linha d'água. Foi analisada a densidade de *M. charruana*, bem como os parâmetros: perfil praiar, salinidade da água intersticial, temperaturas do ar e do sedimento e conteúdo de calcário, de matéria orgânica e granulometria do sedimento. O perfil da praia do Camaroeiro permitiu classificá-la como de dissipativa a intermediária e, o da Cidade, como intermediária do tipo terraço de baixamar. A salinidade média da água intersticial do Camaroeiro variou de 26,33 (dp = 4,04) a 33,33 (dp = 1,15) e a da Cidade, de 27,5 (dp = 3,53) a 33,33 (dp = 1,15). A temperatura do ar variou de 17°C a 30,5°C e a do sedimento, de 18°C a 29°C, em ambos os bancos. Os conteúdos médios de calcário e de matéria orgânica oscilaram respectivamente entre 6,73% (dp = 2,58) e 10,59% (dp = 1,53) e entre 2,17% (dp = 1,26) e 6,07% (dp = 2,07) no Camaroeiro e entre 8,39% (dp = 2,53) e 12,13% (dp = 1,91) e entre 3,56% (dp = 0,22) e 6,11% (dp = 0,48) na Cidade. Em ambos os bancos, a granulometria do sedimento foi classificada principalmente como areia fina pobre a moderadamente selecionada. A fração do sedimento predominante foi a de areia muito fina, com algumas variações ao longo do ano. A densidade média mensal de *M. charruana* no banco do Camaroeiro variou de 13,66 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 12,09) a 46 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 11,53), e no banco da Cidade, de 57,33 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 54) a 156 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 43,31).

## ABSTRACT

Mussel beds are aggregations of living and dead mussels, shell fragments, and a byssus thread. The structural characterization of two soft-bottom mussel beds of *Mytella charruana* was analyzed between April 2006 and February 2007 at Camaroeiro and Cidade beaches (North Coast of São Paulo State). Monthly samples were taken with a 0.04 m<sup>2</sup> corer, until a depth of 20 cm, in the lower, middle and upper levels of the beds. The beach slope, interstitial salinity, sediment and air temperatures, calcareous and organic matter content, granulometry of the sediment and density of *M. charruana* were analyzed. The Camaroeiro beach slope enabled the classification of the beach as a dissipative to intermediate state and the Cidade beach slope as a low-tide terrace. The mean Camaroeiro interstitial salinity ranged between 26.33 (sd = 4.04) and 33.33 (sd = 1.15); and the mean Cidade interstitial salinity ranged between 27.5 (sd = 3.53) and 33.33 (sd = 1.15). Air temperature ranged between 17°C and 30.5°C and sediment temperature, between 18°C and 29°C, in both mussel beds. Mean calcareous and organic matter contents ranged, respectively, from 6.73% (sd = 2.58) to 10.59% (sd = 1.53) and from 2.17% (sd = 1.26) to 6.07% (sd = 2.07) at Camaroeiro and ranged, respectively, from 8.39% (sd = 2.53) to 12.13% (sd = 1.91) and from 3.56% (sd = 0.22) to 6.11% (sd = 0.48) at Cidade. At both mussel beds, the sediment grain size was classified as poor to moderately-sorted fine sand. The predominant fraction of the sediment was a very fine sand, with some variations throughout the year. The mean density of *M. charruana* ranged between 13.66 inds/0.04 m<sup>2</sup> (sd = 12.09) and 46 inds/0.04 m<sup>2</sup> (sd = 11.53) at Camaroeiro, and between 57.33 inds/0.04 m<sup>2</sup> (sd = 54) and 156 inds/0.04 m<sup>2</sup> (sd = 43.31) at Cidade.



## INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ambientes transicionais altamente dinâmicos, onde a sua estrutura física é determinada principalmente pela interação entre ondas, areia e marés (Hoefel, 1998; McLachlan & Brown, 2006), e constituem um dos habitats de maior extensão ao longo de todo o litoral brasileiro (Amaral *et al.*, 2003).

De acordo com o estado morfodinâmico, determinado principalmente pelo regime de ondas e marés, as praias podem ser classificadas em dois tipos extremos: dissipativa, com zona de surfe larga, declividade suave e composta por areia fina, e refletiva que, ao contrário, apresenta zona de surfe reduzida ou ausente, declividade mais acentuada e presença de areia mais grossa. Outros quatro tipos de estados intermediários entre os extremos também são reconhecidos (Short & Wright, 1983). O ambiente praiar pode ser dividido em três zonas, de acordo com a composição de espécies-chave e/ou retenção de água, em supralitoral (zona seca e de secagem de areia), mediolitoral ou entremarés (que pode ser subdividida em zona de retenção e ressurgência) e sublitoral (zona de saturação que inclui as zonas de arrebentação e águas rasas) (Dahl, 1952; Salvat, 1964; McLachlan & Jaramillo, 1995).

A zona entremarés, delimitada pela oscilação dos níveis máximo e mínimo das marés, é a região que sofre as maiores variações causadas pelas ondas, correntes, temperatura, salinidade e umidade (McLachlan & Brown, 2006). Nestes ambientes, tanto de praias quanto de costões rochosos, é comum o estabelecimento de populações epibentônicas de bivalves, geralmente da família Mytilidae, formando extensos bancos (Svane & Setyobudiandi, 1996; Beadman *et al.*, 2002). Estes, em fundos não consolidados, consistem de uma matriz física de indivíduos vivos e mortos, fragmentos de concha, fezes e pseudofezes dos próprios mexilhões e de outros organismos associados a eles, interconectados por um emaranhado de filamentos de bisso (Albrecht, 1998; Beadman *et al.*, 2002; Hammond & Griffiths, 2004).

Os mitilídeos são considerados engenheiros de ecossistemas, pois têm o potencial de criar e modificar habitats e/ou manter sua complexidade (Borthagaray & Carranza, 2007; O'Connor & Crowe, 2007). A criação de habitats por esses moluscos afeta outros organismos por meio da disponibilização de substrato e refúgio, tanto para evitar predadores quanto estresse físico e/ou fisiológico (Borthagaray & Carranza, 2007; Leite *et al.*, 2011). Como provêm vários micro-

habitats, são considerados de alta heterogeneidade ambiental, onde a riqueza de espécies é sempre maior que a do sedimento adjacente (Albrecht, 1998).

Devido à importância desses mitilídeos, tanto econômica quanto ecológica, inclusive para proteção de diversos organismos, principalmente aqueles mais sensíveis a estresses ambientais (Seed & Suchanek, 1992), o objetivo deste trabalho foi caracterizar estruturalmente bancos de *Mytella charruana* de fundos não consolidados em duas praias de uma região subtropical do sudeste do Brasil.

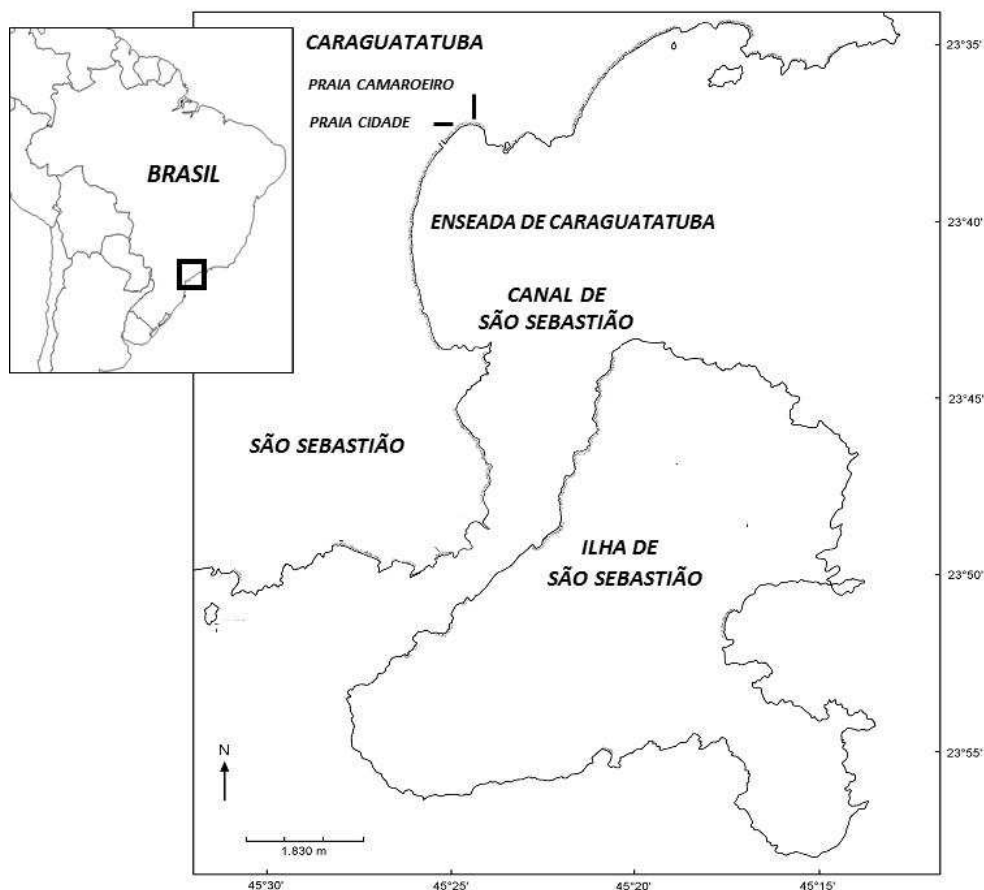
## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo e bancos de mitilídeos

O estudo foi realizado em dois bancos de *Mytella charruana* (Fig. 1), localizados nas praias do Camaroeiro (23°37'38''S e 45°23'50''W) e da Cidade (23°37'27''S e 45°23'56''W). Ambas estão localizadas no extremo norte da Enseada de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo, no trecho mais urbanizado da cidade de Caraguatatuba (Fig. 2).



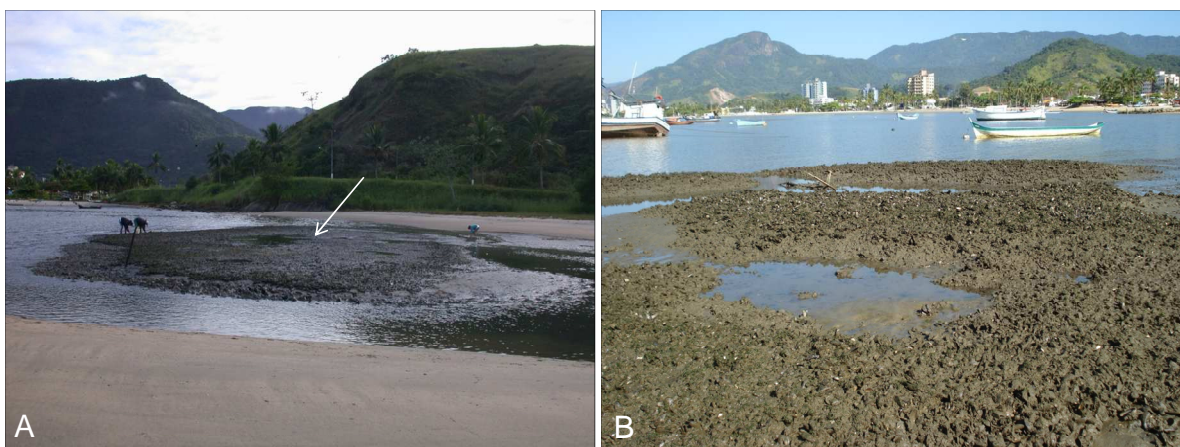
**Figura 1.** *Mytella charruana* (A) e detalhe do banco mostrando o emaranhado de mitilídeos (B). Foto A: Carolina Cardoso Taffarello; B: Cecília Amaral.



**Figura 2.** Localização das praias do Camaroeiro e da Cidade ao norte da Enseada de Caraguatatuba (Litoral Norte do Estado de São Paulo).

A praia do Camaroeiro possui uma extensão aproximada de 300 m e é delimitada no extremo norte pela Ponta do Camaroeiro e ao sul pelo Rio Ipiranga, o qual a separa da praia da Cidade. As ondas que ali chegam sofrem difração por diversas barreiras naturais. Apresenta zona de surfe larga, ocasionada pela presença de inúmeros bancos arenosos que promovem uma arrebentação distante da linha de maré baixa (Farinaccio, 2000). A largura média da zona entremarés é em torno de 50 m. No período da amostragem, o banco de *M. charruana* localizava-se a cerca de 200 m do Rio Ipiranga, em direção à Ponta do Camaroeiro. Disposto paralelamente à linha da praia, e com formato de atol, apresentava bordas elevadas formadas por densos agregados de indivíduos de *M. charruana*, muitas vezes sobrepostos. Em seu centro, existia uma depressão (poça) onde os bivalves encontravam-se dispersos e enterrados no substrato durante a maré baixa (Fig. 3A).

A praia da Cidade ocupa toda a orla do centro da cidade de Caraguatatuba, entre os rios Ipiranga e Santo Antônio, e possui zona entremarés com cerca de 60 m, na área do banco de *M. charruana*. Este banco também estava disposto paralelamente à linha da praia e localizava-se a cerca de 30 m ao sul do Rio Ipiranga, com formato irregular a elipsoide (Fig. 3B), com diversas depressões delimitadas por densos agregados de mitilídeos. Neste banco não foram encontrados mitilídeos enterrados nas depressões.



**Figura 3.** Bancos de *Mytella charruana* (seta) na região entremarés das praias do Camaroeiro (A) e da Cidade (B), no extremo norte da Enseada de Caraguatatuba. Fotos: Cecília Amaral.

### Procedimentos de campo

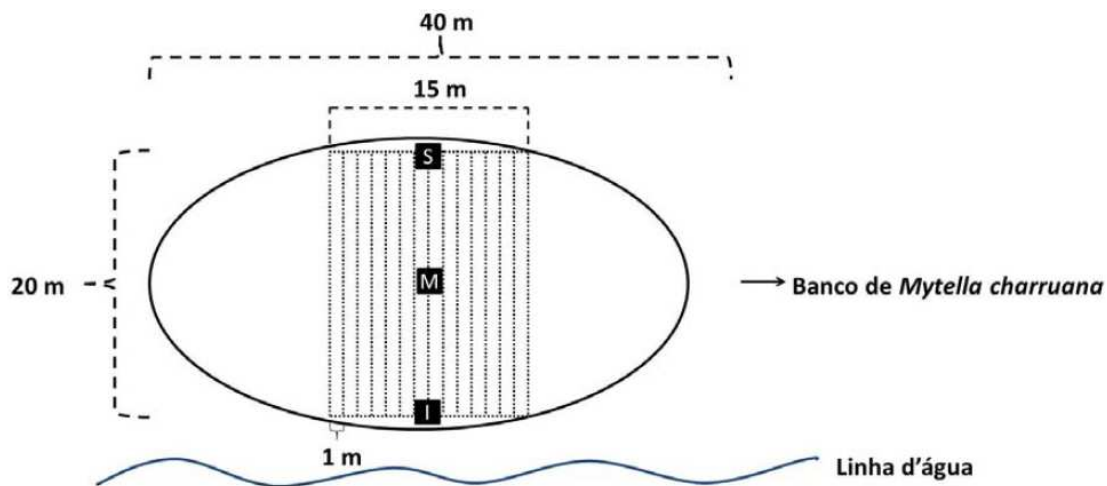
A amostragem foi realizada mensalmente, em marés baixas de sizígia, de abril de 2006 a fevereiro de 2007 nos dois bancos de mitilídeos, localizados na parte inferior da zona entremarés das praias do Camaroeiro e da Cidade.

O perfil praial, incluindo os bancos, foi avaliado mensalmente pelo método proposto por Emery (1961), que consiste em medir o desnível de pontos sucessivos em um transecto fixo, desde o supralitoral até a linha d'água.

Para as análises dos parâmetros estudados foi delimitado, no centro do banco de mitilídeos, um setor retangular de 20 m de comprimento por 15 m de largura, o qual foi dividido em 15 transectos perpendiculares à linha d'água e a cada mês um destes transectos era sorteado para obtenção dos dados. Em todos os meses, o transecto sorteado teve três pontos de amostragem, distribuídos em níveis, médio (porção central), superior e inferior (bordas internas) (Fig. 4). Em cada nível, foi delimitada uma área de 0,04 m<sup>2</sup> com auxílio de um quadrado de 20

cm de lado, e as amostras retiradas com uma pá até uma profundidade de 20 cm, preocupando-se em coletar o mesmo volume de material em todas as amostras. O material foi lavado em peneiras de 1,0 e 0,3 mm de malha para a triagem dos indivíduos de *M. charruana* e da sua macrofauna associada. Todos os organismos encontrados foram adequadamente anestesiados e fixados e, posteriormente, preservados em álcool a 70%.

Em cada ponto, foram medidas as temperaturas do ar e do sedimento com termômetro comum de laboratório e a salinidade da água intersticial com auxílio de um refratômetro portátil (Goldberg T/C – Mod. 10419). Para analisar os parâmetros granulométricos e os teores de calcário e de matéria orgânica do sedimento foram recolhidas amostras dos três pontos de coleta de cada transecto mensal.



**Figura 4.** Esquema do desenho amostral dos bancos de *Mytella charruana*. A linha contínua representa os limites dos bancos e as tracejadas, os transectos. S – nível superior; M – nível médio; I – nível inferior.

### Processamento das amostras e análise dos dados

A área de cada banco foi calculada mensalmente por meio da fórmula da área de uma elipse, usando-se as medidas de comprimento e largura dos bancos como os diâmetros. As áreas dos dois bancos estudados foram comparadas por meio do teste de Mann-Whitney.

Os teores de calcário e de matéria orgânica do sedimento foram avaliados conforme técnica proposta por Amoureux (1966) que, para o calcário, consiste na diferença de peso entre as amostras antes e após o ataque com solução de ácido clorídrico a 10% e, para a matéria orgânica, na diferença de peso entre a amostra seca e após calcinação em mufla.

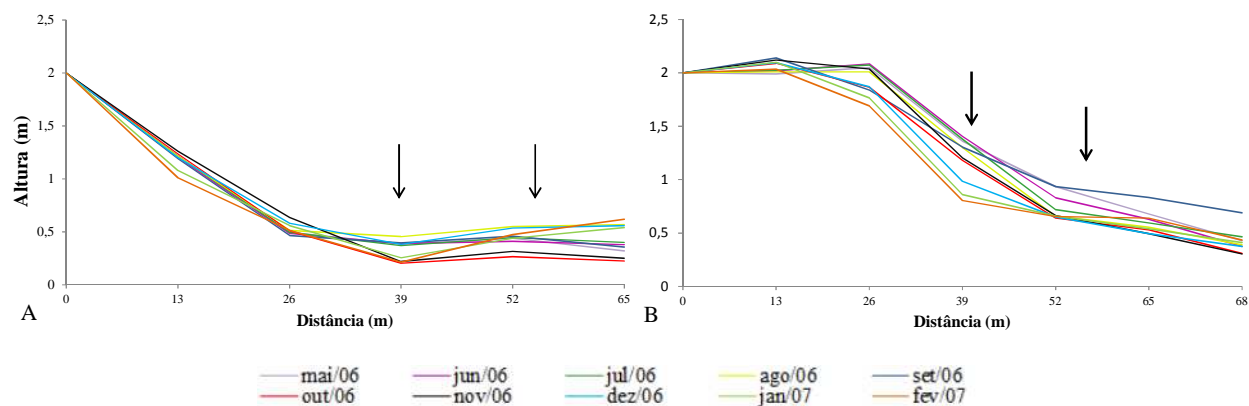
A granulometria do sedimento foi obtida pelo método de peneiramento seco para a fração arenosa, de acordo com Suguio (1973), e os dados foram calculados pelo programa computacional “SEDMAR”, desenvolvido pelo Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). Os parâmetros estatísticos foram calculados com base no método de Folk & Ward (1957) e para a classificação nominal das classes granulométricas, seguiu-se a tabela de Wentworth (1922).

A densidade média mensal de *M. charruana* foi obtida em números de indivíduos/0,04 m<sup>2</sup>, utilizando-se a média entre os três níveis amostrados. Para comparar as densidades entre os meses, foi utilizada uma análise não paramétrica de Kruskal-Wallis, e para comparar a densidade entre os bancos, foi realizado o teste de Mann-Whitney. O uso de testes não paramétricos é justificável devido a não normalidade dos dados e à heterogeneidade das variâncias, confirmadas por meio do teste de Shapiro-Wilk e Cochran, respectivamente.

## **RESULTADOS**

### **Perfil praial e localização dos bancos**

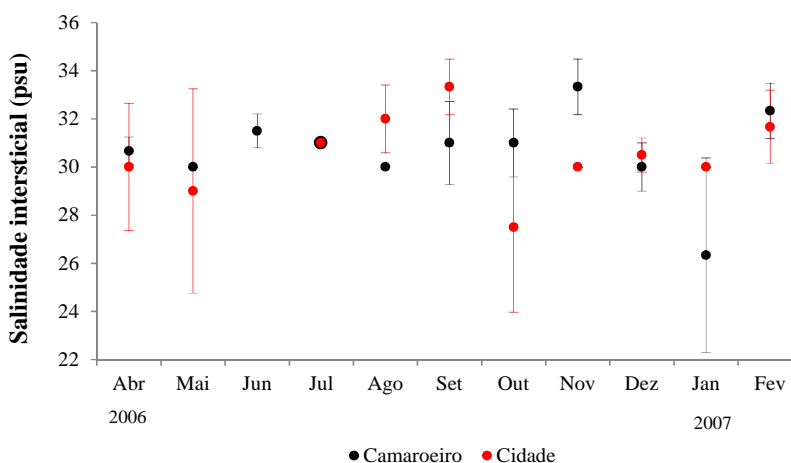
A praia do Camaroeiro apresentou uma declividade acentuada do supra até o início do mediolitoral, a partir do qual a mesma foi mais suave e sofreu uma pequena oscilação no local onde se encontrava o banco de mitilídeo (Fig. 5A). As médias de comprimento, largura e área do banco foram de 42,18 m (dp = 2,13), 16,66 m (dp = 1,06) e 552,89 m<sup>2</sup> (dp = 56,11), respectivamente. O perfil da praia da Cidade apresentou um extenso platô no supralitoral com cerca de 30 m até atingir uma menor declividade na região entremarés (Fig. 5B). As dimensões médias desse banco foram de 30,65 m (dp = 1,56) e 19,25 m (dp = 1,73) de comprimento e largura, respectivamente e, a área média, de 464,48 m<sup>2</sup> (dp = 57,18). Devido à hidrodinâmica local, as praias apresentaram acúmulo e erosão de sedimento ao longo do período estudado, principalmente na zona entremarés, gerando algumas variações na morfodinâmica das mesmas. A área do banco Camaroeiro foi significativamente maior do que o da Cidade ( $Z = 3$ ;  $p = 0,002$ ).



**Figura 5.** Perfil das praias do Camaroeiro (A) e da Cidade (B) de maio de 2006 a fevereiro de 2007. As setas indicam os limites superior e inferior dos bancos de mitilídeos na região entremarés.

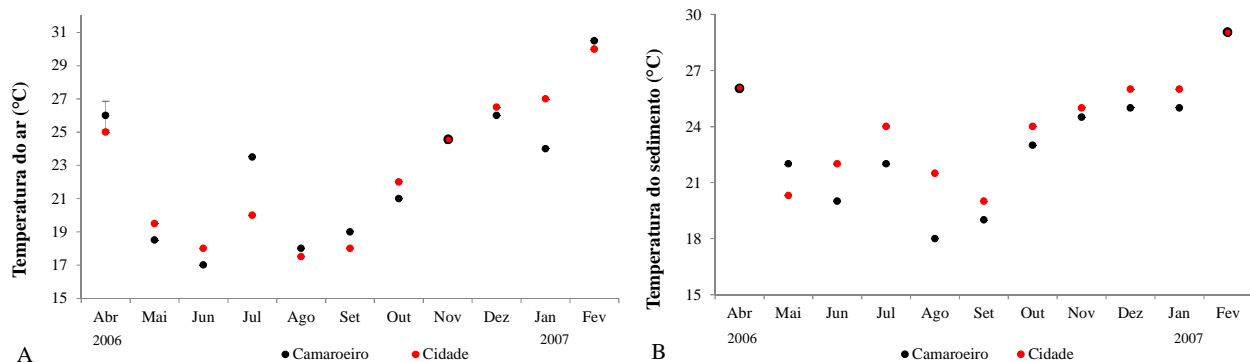
### Salinidade e temperatura

A salinidade média mensal da água intersticial (Fig. 6) variou, no Camaroeiro, de 26,33 (dp = 4,04) em janeiro a 33,33 (dp = 1,15) em novembro e não houve diferença significativa entre os meses ( $H = 18,12$ ; gl = 10;  $p = 0,053$ ). Na Cidade, oscilou entre 27,5 (dp = 3,53) em outubro e 33,33 (dp = 1,15) em setembro e não apresentou diferença significativa entre os meses ( $H = 13,33$ ; gl = 9;  $p = 0,15$ ). A salinidade não diferiu entre os bancos ( $Z = 0,14$ ;  $p = 0,88$ ).



**Figura 6.** Variação temporal da salinidade média mensal da água intersticial dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). Barras verticais: desvio padrão da média.

As temperaturas mensais do ar e do sedimento (Fig. 7A e B) apresentaram valores semelhantes entre os dois bancos, com uma oscilação entre abril e setembro e, a partir deste, uma elevação das mesmas até fevereiro. Em ambos os bancos, os valores máximos das temperaturas do ar e do sedimento ocorreram em fevereiro, respectivamente 30,5 e 29°C. No Camaroeiro, os valores máximos das temperaturas do ar e do sedimento foram respectivamente 17°C em junho e 18°C em agosto. Na Cidade, esses valores foram 17,5°C em agosto e 20°C em setembro. Houve diferença significativa, ao longo do ano, nos bancos do Camaroeiro e da Cidade, entre as temperaturas do ar ( $H = 31,85$ ;  $gl = 10$ ;  $p < 0,001$ ;  $H = 32$ ;  $gl = 10$ ;  $p < 0,001$ ) e do sedimento ( $H = 32$ ;  $gl = 10$ ;  $p < 0,001$ ;  $H = 32$ ;  $gl = 10$ ;  $p < 0,001$ ), porém as mesmas não diferiram entre os bancos ( $Z = -0,21$ ;  $p = 0,83$ ;  $Z = -1,27$ ;  $p = 0,2$ ), respectivamente.

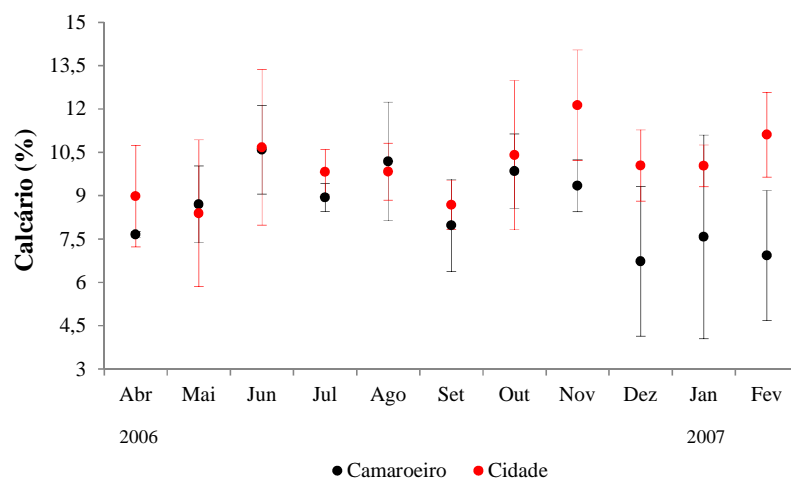


**Figura 7.** Variação temporal das temperaturas do ar (A) e do sedimento (B) dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007).

## Sedimento

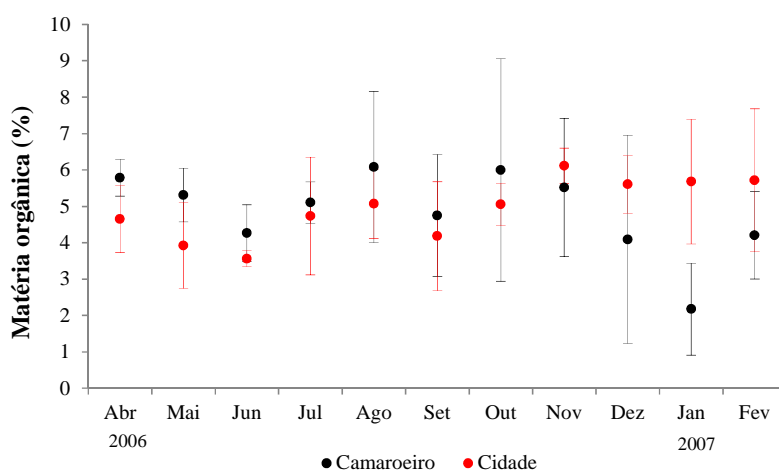
O teor médio mensal de calcário (Fig. 8) no Camaroeiro variou de 6,73% ( $dp = 2,58$ ) em dezembro a 10,59% ( $dp = 1,53$ ) em junho e não apresentou diferença significativa entre os meses ( $H = 14,38$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,15$ ). Na Cidade, o teor variou de 8,39% ( $dp = 2,53$ ) em maio a 12,13% ( $dp = 1,91$ ) em novembro e não houve diferença significativa entre os meses ( $H = 10,11$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,43$ ), porém foi significativamente maior que no Camaroeiro ( $Z = -2,93$ ;  $p = 0,003$ ).





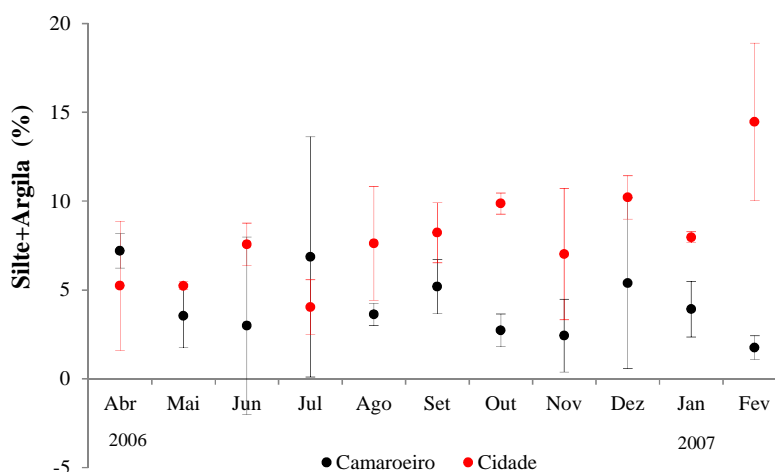
**Figura 8.** Variação temporal do teor médio de calcário dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). Barras verticais: desvio padrão da média.

O conteúdo médio mensal de matéria orgânica (Fig. 9) do Camaroeiro variou de 2,17% (dp = 1,26) em janeiro a 6,07% (dp = 2,07) em agosto e não apresentou diferença significativa ao longo do ano ( $H = 10,62$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,38$ ). Na Cidade, o teor variou de 3,56% (dp = 0,22) em junho a 6,11% (dp = 0,48) em novembro e não houve diferença significativa ao longo do ano ( $H = 13,55$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,19$ ). O conteúdo de matéria orgânica não diferiu entre os bancos ( $Z = -0,18$ ;  $p = 0,85$ ).



**Figura 9.** Variação temporal do teor médio de matéria orgânica dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). Barras verticais: desvio padrão da média.

O teor médio mensal de silte+argila (Fig. 10) do Camaroeiro variou de 1,74% (dp = 0,67) em fevereiro a 6,85% (dp = 6,76) em julho e não apresentou diferença significativa ao longo do ano ( $H = 10,56$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,39$ ), e o da Cidade, de 4,03% (dp = 1,53) em julho a 14,46% (dp = 4,43) em fevereiro e também não apresentou diferença significativa ao longo do ano ( $H = 19$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,059$ ). O teor de silte+argila foi significativamente maior no banco da Cidade ( $Z = -4,26$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 10.** Variação temporal do teor médio de silte+argila dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). Barras verticais: desvio padrão da média.

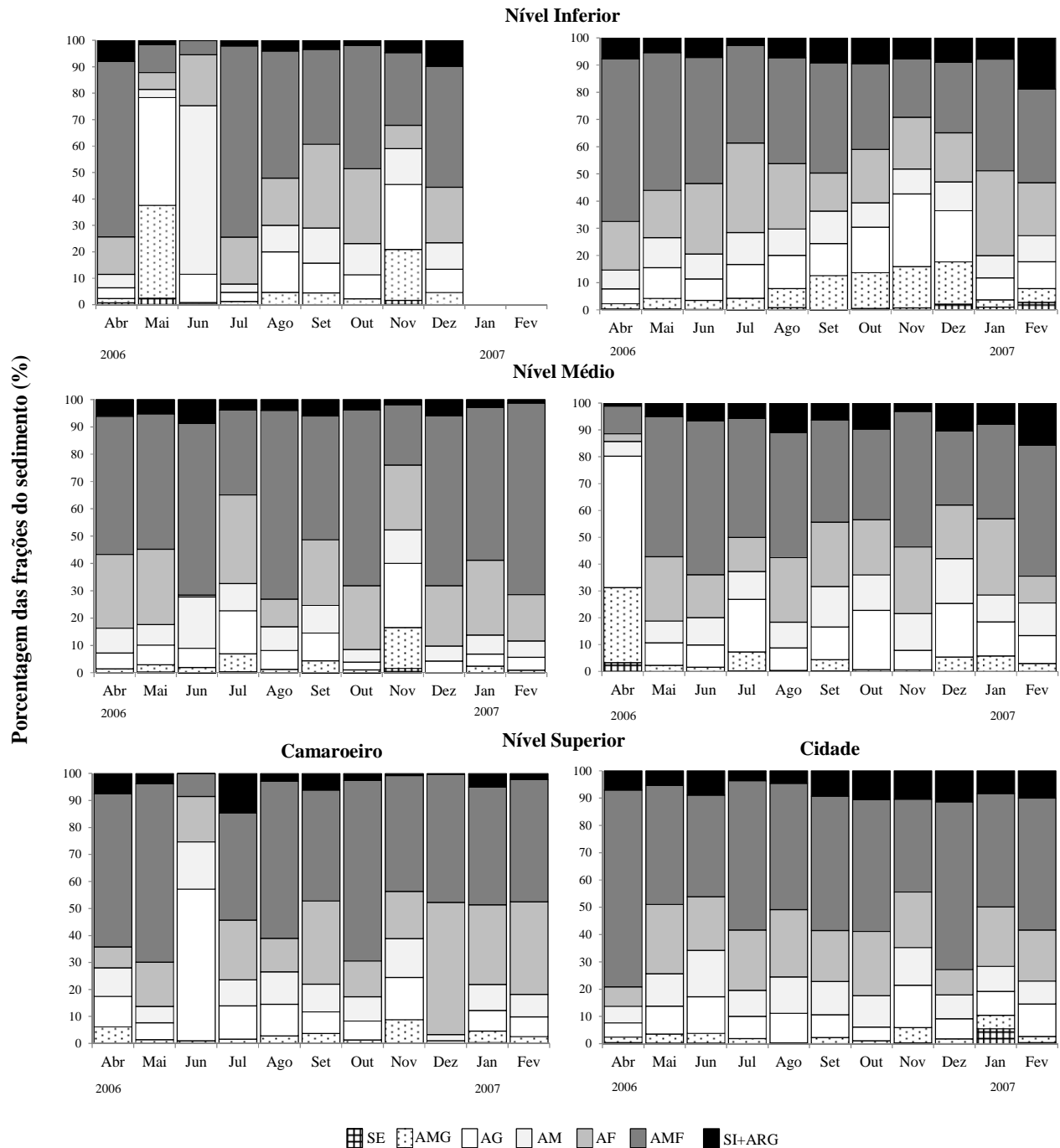
As amostras do banco do Camaroeiro foram classificadas principalmente como areia fina com grau de seleção dos grãos de pobre a moderado e as do banco da Cidade como areia fina pobremente selecionada (Tab. 1). Em ambos os bancos, registrou-se a ocorrência de todos os tamanhos de grãos, de seixo a silte+argila, com maior contribuição de finos, predominando areia muito fina durante quase todo o período de estudo (Fig. 11).

No banco do Camaroeiro, houve uma maior contribuição de areia muito grossa e grossa em maio e novembro no nível inferior e de areia média em junho; uma diminuição de areia muito fina em julho e novembro no nível médio; e um pico de areia grossa em junho no nível superior, contribuindo com aproximadamente 60% do total (Fig. 11). Foi observado um aumento gradual de areia muito grossa e grossa de abril a dezembro para o nível inferior do banco da Cidade e, posteriormente, um decréscimo, bem como um aumento de silte+argila em fevereiro. O nível médio apresentou maior porcentagem de areia muito grossa e grossa em abril e houve um

aumento de silte+argila em fevereiro. No nível superior não ocorreu grandes oscilações nos valores das frações, apresentando-se mais homogêneo que os demais (Fig. 11).

**Tabela 1.** Dados mensais do diâmetro médio, classificação e grau de seleção do sedimento dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade por nível amostrado. DP: Desvio Padrão.

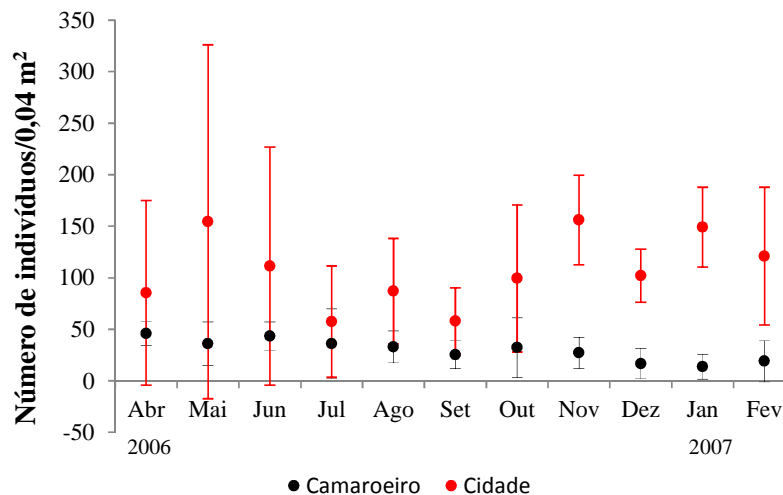
Mês	Nível	Diâmetro médio	DP	Classificação	Grau de seleção	Mês	Nível	Diâmetro médio	DP	Classificação	Grau de seleção
<b>Camaroeiro</b>						<b>Cidade</b>					
Abr	Inferior	3,09	0,8	Muito fina	Moderada	Abr	Inferior	2,91	0,9	Fina	Moderada
Mai	Inferior	0,76	1,4	Grossa	Pobre	Mai	Inferior	2,52	1,2	Fina	Pobre
Jun	Inferior	1,81	0,6	Média	Moderada	Jun	Inferior	2,69	1,1	Fina	Pobre
Jul	Inferior	3,07	0,6	Muito fina	Moderada	Jul	Inferior	2,31	1,1	Fina	Pobre
Ago	Inferior	2,4	1,3	Fina	Pobre	Ago	Inferior	2,3	1,4	Fina	Pobre
Set	Inferior	2,31	1,2	Fina	Pobre	Set	Inferior	2,06	1,5	Fina	Pobre
Out	Inferior	2,57	1	Fina	Moderada	Out	Inferior	2,02	1,5	Fina	Pobre
Nov	Inferior	1,5	1,6	Média	Pobre	Nov	Inferior	1,72	1,5	Média	Pobre
Dez	Inferior	2,65	1,2	Fina	Pobre	Dez	Inferior	1,84	1,6	Média	Pobre
Jan	Inferior	-	-	-	-	Jan	Inferior	2,63	1,1	Fina	Pobre
Fev	Inferior	-	-	-	-	Fev	Inferior	2,65	1,5	Fina	Pobre
Abr	Médio	2,83	0,9	Fina	Moderada	Abr	Médio	0,43	1,1	Grossa	Pobre
Mai	Médio	2,75	1	Fina	Moderada	Mai	Médio	2,72	1	Fina	Moderada
Jun	Médio	2,75	1	Fina	Pobre	Jun	Médio	2,78	1,1	Fina	Pobre
Jul	Médio	2,12	1,3	Fina	Pobre	Jul	Médio	2,26	1,4	Fina	Pobre
Ago	Médio	2,85	0,9	Fina	Moderada	Ago	Médio	2,85	1,1	Fina	Pobre
Set	Médio	2,52	1,2	Fina	Pobre	Set	Médio	2,38	1,2	Fina	Pobre
Out	Médio	3,03	0,6	Muito fina	Moderada	Out	Médio	2,3	1,3	Fina	Pobre
Nov	Médio	1,64	1,4	Média	Pobre	Nov	Médio	2,69	0,9	Fina	Moderada
Dez	Médio	3	0,7	Muito fina	Moderada	Dez	Médio	2,17	1,4	Fina	Pobre
Jan	Médio	2,85	0,8	Fina	Moderada	Jan	Médio	2,32	1,3	Fina	Pobre
Fev	Médio	2,88	0,7	Fina	Moderada	Fev	Médio	2,62	1,4	Fina	Pobre
Abr	Superior	2,54	1,3	Fina	Pobre	Abr	Superior	2,99	0,9	Fina	Moderada
Mai	Superior	2,89	0,8	Fina	Moderada	Mai	Superior	2,53	1,1	Fina	Pobre
Jun	Superior	1,34	0,8	Média	Moderada	Jun	Superior	2,45	1,3	Fina	Pobre
Jul	Superior	2,74	1,3	Fina	Pobre	Jul	Superior	2,72	1	Fina	Moderada
Ago	Superior	2,53	1,1	Fina	Pobre	Ago	Superior	2,59	1	Fina	Pobre
Set	Superior	2,6	1,1	Fina	Pobre	Set	Superior	2,67	1,1	Fina	Pobre
Out	Superior	2,8	0,9	Fina	Moderada	Out	Superior	2,82	0,9	Fina	Moderada
Nov	Superior	2,02	1,3	Fina	Pobre	Nov	Superior	2,29	1,4	Fina	Pobre
Dez	Superior	2,93	0,4	Fina	Boa	Dez	Superior	2,91	1,1	Fina	Pobre
Jan	Superior	2,59	1,1	Fina	Pobre	Jan	Superior	2,41	1,5	Fina	Pobre
Fev	Superior	2,67	0,9	Fina	Moderada	Fev	Superior	2,6	1,2	Fina	Pobre



**Figura 11.** Variação temporal e espacial da composição do sedimento dos bancos de *Mytella charruana* do Camaroeiro e da Cidade por nível, durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). SE: seixo; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; SI+ARG: silte+argila.

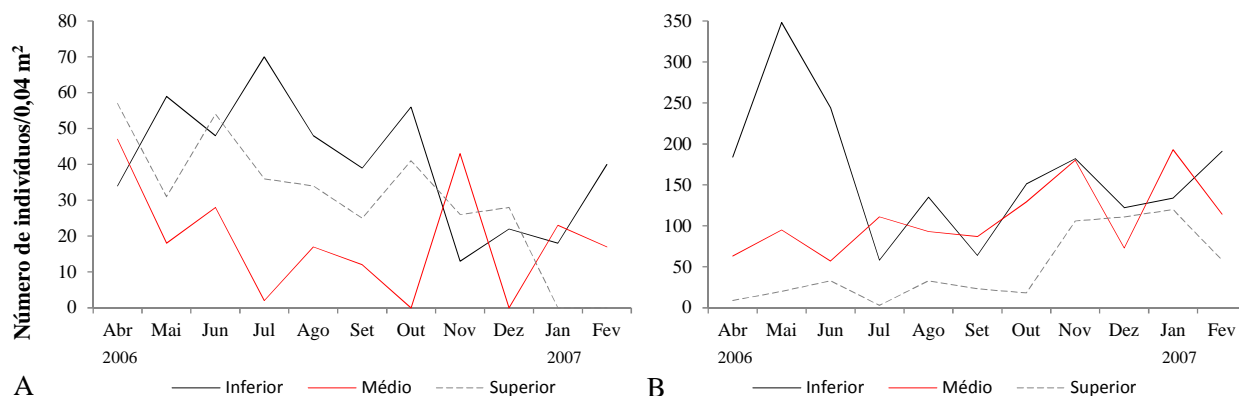
## Densidade de *Mytella charruana* dos bancos

A densidade média mensal de *M. charruana* do banco do Camaroeiro variou de 13,66 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 12,09) em janeiro a 46 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 11,53) em abril e a do banco da Cidade oscilou entre 57,33 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 54) em julho e 156 inds/0,04 m<sup>2</sup> (dp = 43,31) em novembro (Fig. 12). Não houve diferença significativa entre os meses em ambos os bancos ( $H = 9,83$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,46$ ;  $H = 7,69$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,66$ , respectivamente) e a densidade de *M. charruana* da Cidade foi maior que a do Camaroeiro entre novembro e fevereiro ( $Z = -4,93$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 12.** Variação temporal da densidade média mensal (inds/0,04 m<sup>2</sup>) de *Mytella charruana* nos bancos do Camaroeiro e da Cidade durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007). Barras verticais: desvio padrão da média.

No banco do Camaroeiro (Fig. 13A), as menores densidades, excetuando-se abril, novembro e janeiro, foram registradas no nível médio, e as maiores, em geral, no inferior. No banco da Cidade (Fig. 13B), a densidade no nível superior tendeu a ser menor do que a registrada para os demais. As maiores densidades ocorreram no nível inferior nos meses de maio (348 inds/0,04 m<sup>2</sup>) e junho (244 inds/0,04 m<sup>2</sup>).



**Figura 13.** Variação temporal e espacial da densidade (inds/0,04 m<sup>2</sup>) de *Mytella charruana* por nível amostrado nos bancos do Camaroeiro (A) e da Cidade (B) durante o período de estudo (abril de 2006 a fevereiro de 2007).

## DISCUSSÃO

A morfologia do perfil praiial é resultante da combinação do tipo do sedimento e da intensidade das ondas, uma vez que essa energia é liberada nas zonas costeiras (McLachlan, 1980; Amaral *et al.*, 2002), e as características destes parâmetros dependem do relevo do fundo, do padrão de circulação e da dinâmica de correntes (Villwock, 1987). Desta forma, quanto maior o tamanho do grão, mais íngreme é o perfil da praia (Villwock, 1994).

Em trabalhos realizados na mesma região deste estudo, Farinaccio & Tessler (2006) e Amaral & Denadai (2011) descreveram o sedimento da praia do Camaroeiro e da Cidade, respectivamente, como sendo composto principalmente por areia fina e muito fina. Esses resultados são consequência dessas praias situarem-se no canto norte da Enseada de Caraguatatuba, próximo à Ponta do Camaroeiro, uma área abrigada, onde as ondas que ali chegam são de baixa altura, devido à configuração da mesma, e sofrem difração por diversas barreiras naturais, especialmente da própria Ponta do Camaroeiro e da Ilha de São Sebastião (Cruz *et al.*, 1985; Souza, 1990; Farinaccio, 2000).

Levando-se em conta as características da região, descritas acima, o resultado dos perfis praiiais condiz com as premissas que consideram a energia das ondas e o tamanho das partículas do sedimento e corroboram com o encontrado por Amaral & Denadai (2011), que classificaram a praia da Cidade como intermediária do tipo terraço de baixamar, a qual apresenta um platô na parte superior da praia e uma declividade estável até a parte inferior da região entremarés. Segundo Short & Wright (1983), praias dissipativas possuem zona de surfe larga devido à suave

declividade e sedimento geralmente fino, distribuído homogeneamente ao longo da praia. Dessa forma, analisando os resultados obtidos nesse trabalho, no de Farinaccio & Tessler (2006) e no de Souza (2009), pode-se classificar a praia do Camaroeiro como do tipo morfodinâmico dissipativo a intermediário, uma vez que foi constatada uma menor variação na parte superior e mais intensa na inferior, causada por uma maior dinâmica de deposição e erosão nessa região da praia.

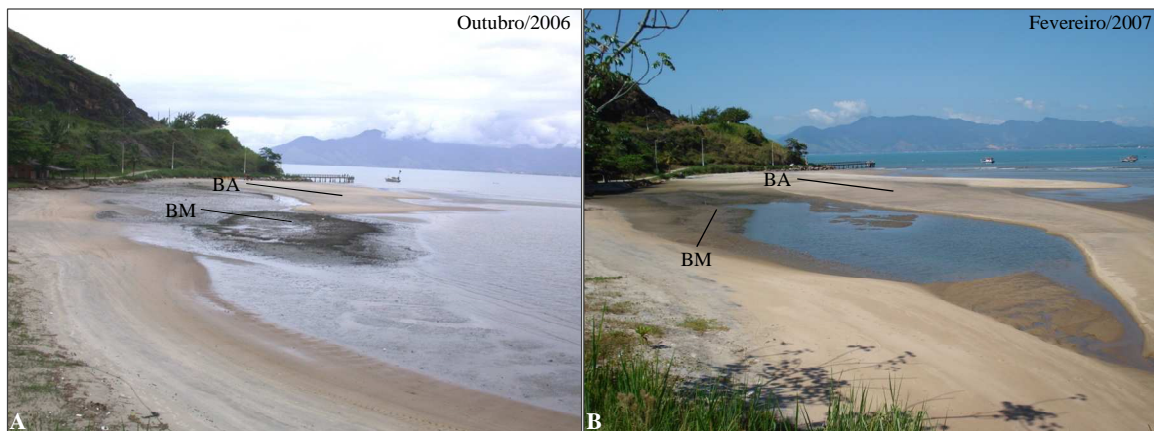
Quanto aos bancos, os mitilídeos são os principais organismos responsáveis pela modificação da estrutura primária do substrato, levando à formação de substratos biológicos complexos (Seed, 1976). A dinâmica destes está ligada a diversos fatores como suprimento larval, recrutamento, composição do sedimento e hidrodinamismo onde, alterações em um destes, podem ser extremamente significativas para a estrutura (Beadman *et al.*, 2002). A densidade média de *M. charruana* foi menor no banco do Camaroeiro e, de acordo com Abrahão (2009), que estudou esse mesmo banco, houve uma correlação negativa entre a densidade do mitilídeo e o alto teor de areia. Este autor concluiu que grandes quantidades de partículas arenosas no substrato podem afetar a estabilidade do banco, devido a uma fixação precária dos mitilídeos. Em relação às maiores densidades no nível inferior de ambos os bancos, esta tendência pode ser consequência do tempo de exposição, uma vez que os mitilídeos dos níveis superiores tendem a ter maiores dificuldades fisiológicas do que os demais. A baixa densidade no nível médio do Camaroeiro ocorreu devido à própria configuração estrutural do mesmo, uma vez que os indivíduos deste nível não formaram agregados, encontrando-se dispersos e enterrados no substrato.

Em ambos os bancos, o sedimento apresentou um teor de matéria orgânica relativamente alto e, de acordo com a granulometria, foi composto principalmente por areia fina, pobre a moderadamente selecionada. Esses resultados devem-se ao fato dos bancos apresentarem estrutura tridimensional, permitindo o acúmulo de sedimento fino e detritos entre a malha de filamentos de bisso dos mitilídeos, conforme mencionado por Albrecht (1998). De acordo com Longbottom (1970) e Hargrave (1972), há um gradiente na quantidade de matéria orgânica nos sedimentos, de cascalhos e areia (com menos de 1%) a lamosos (entre 40-80%), sendo que a presença de pelotas fecais aumenta a porcentagem de lamosos. Devido à alta produção de fezes e pseudofezes nesse ambiente, e pelo crescimento de macroalgas permitido pela estrutura física do banco, há adição de detritos e deposição de matéria orgânica ao substrato, tornando-se, dessa forma, um ambiente enriquecido organicamente (Tsutsumi, 1990; Beadman *et al.*, 2002;

O’Conner & Crowe, 2007; Commito *et al.*, 2008). A presença de sedimento muito fino nos bancos deve-se ao baixo hidrodinamismo dessa região e à baixa renovação da água intersticial, uma vez que as partículas ficam mais tempo em suspensão, podendo ser depositadas. Isso foi verificado também por Incera *et al.* (2003) em um estudo sobre comparações entre praias arenosas expostas e abrigadas.

Esses parâmetros apresentaram variações, nos dois bancos, ao longo do ano e entre os diferentes níveis, como consequência da própria dinâmica praial. No Camaroeiro (Fig. 14), a partir de outubro, um banco de areia começou a se formar em frente ao nível inferior do banco de mitilídeo. Em fevereiro, o banco de *M. charruana* ficou totalmente isolado, sem contato com o mar, devido ao aumento deposicional de areia. De acordo com Cruz *et al.* (1985) e Farinaccio (2000), a área de estudo apresenta uma tendência à sedimentação, caracterizada pela ocorrência de bancos arenosos nesta parte da enseada. Estes podem ser emersos ou submersos e sofrer aumento e diminuição de seu tamanho durante o ano, devido ao acúmulo e erosão sazonal de sedimentos.

No trabalho de Cruz *et al.* (1985), realizado na região entre 1967 e 1981, foram verificadas mudanças na dinâmica de sedimentação devido à eventos catastróficos de deslizamento de massa de terra da Serra do Mar, ocorridos em 1967. Em 1973 houve um alargamento da praia e extensão dos bancos submersos e esse processo foi acelerado com a construção de um molhe próximo à foz do Rio Ipiranga, no final do mesmo ano. Em 1977,

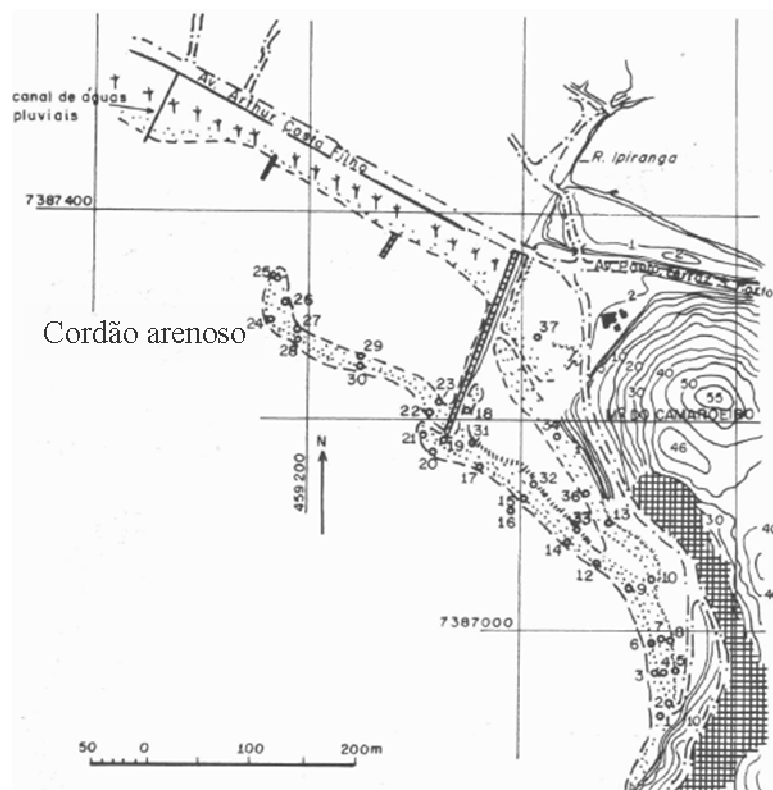


**Figura 14.** Praia do Camaroeiro: Início da formação do banco de areia (BA) em outubro de 2006 (A) e total isolamento do banco de mitilídeo (BM) em fevereiro de 2007 (B). Fotos: Cecília Amaral.



observou-se a progressão dos bancos de areia, já unidos ao Morro do Camaroeiro, em um novo cordão arenoso alongado, uma vez que o molhe já não barrava o sedimento e este contornava a ponta externa do mesmo (Fig. 15). Posteriormente, entre 1998 e 1999, Farinaccio & Tessler (2006) estudaram a dinâmica de sedimentação do mesmo local e também verificaram a formação dos bancos arenosos a partir da Ponta do Camaroeiro em direção à praia. Esses autores observaram uma sazonalidade no processo, sendo que a progressão dos bancos ocorreu na primavera e início do verão, e retornou à sua configuração mais restrita no inverno. Esse processo ocorre porque a deriva litorânea predominante nessa região é de Norte para Sul. Durante este trabalho, observou-se que esse banco de areia começou a se formar em outubro e não tinha sido detectado no começo do estudo, corroborando com a sazonalidade encontrada por Farinaccio & Tessler (2006).

A formação do cordão arenoso na praia do Camaroeiro afetou alguns parâmetros do banco de mitilídeos. A salinidade da água intersticial apresentou uma diminuição em janeiro, uma vez que a areia barrou a passagem de um dos pontos de escoamento do Rio Ipiranga, fazendo com que parte do banco ficasse em contato direto com a água doce. Ocorreu também uma variação no



**Figura 15.** Parte norte da enseada de Caraguatatuba, mostrando a progressão do cordão arenoso ligado ao morro do Camaroeiro em direção à praia. Modificado de Cruz *et al.* (1985).

tipo de sedimento desse banco porque, com o avanço do cordão arenoso em direção à praia, houve soterramento do banco de mitilídeos, influenciando na composição sedimentar deste em determinados meses. O represamento da água do Rio Ipiranga sobre o banco de *M. charruana* também pode ter contribuído, pois o escoamento de rios pode alterar as características do sedimento por deposição de grãos novos ou ressuspensão dos existentes (Reish, 1979; Jayaraj *et al.*, 2008).

Apesar da proximidade entre os dois bancos, o banco da Cidade não sofreu diretamente os efeitos da formação dos cordões arenosos. Este apresentou um conteúdo médio de silte+argila maior que o Camaroeiro, pois continha uma maior porcentagem de cobertura de macroalgas. De acordo com os resultados do estudo de Commito *et al.* (2008), realizado em um banco de *Mytilus edulis* nos Estados Unidos, o crescimento das macroalgas sobre bancos de mitilídeos pode ocasionar um aumento na deposição de detritos e partículas finas ao substrato.

Nos últimos meses de coleta, observou-se que o banco do Camaroeiro sofreu um processo gradual de diminuição de tamanho e desapareceu em seguida. De acordo com os pescadores da região, os bancos de mitilídeos desaparecem, provavelmente soterrados, e surgem novamente ao longo do tempo, revelando ter uma sazonalidade. Isso pode ocorrer tanto pela dinâmica populacional e reprodutiva de *M. charruana*, organismo estruturador dos bancos, quanto pela dinâmica praial e ações de variações climáticas que agem no local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahão, J.R., 2009. *Biologia populacional e reprodutiva de Mytella charruana (Bivalvia, Mytilidae) e sua fauna associada*. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 97 pp.
- Albrecht, A.S., 1998. Soft bottom versus hard rock: Community ecology of macroalgae on intertidal mussel beds in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **229**: 85-109.
- Amaral, A.C.Z.; Morgado, E.H.; Leite, F.P.P. & Gianuca, N.M., 2002. *Zona Costeira e Marinha: Praias e Dunas*. In: *Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros*. Brasília: MMA/SBF, p. 267-340.
- Amaral, A.C.Z., Denadai, M.R., Turra, A. & Rizzo, A.E., 2003. Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. *Journal Coastal Research*, **35**: 446-455.
- Amaral, A.C.Z. & Denadai, M.R., 2011. *Caracterização de Praias arenosas*. In: *Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo – Sudeste do Brasil*. (orgs. Amaral, A.C.Z. & Nallin, S.A.H.). Campinas, SP: Unicamp/IB.

- Amoureux, L., 1966. Étude bionomique et écologique de quelques annélides polyquetes des sables intertidaux de côtes ouest de la France. *Archives Zoology of Experimental Genetic*, **107**: 1-128.
- Beadman, H.A.; Willows, R.I. & Kaiser, M.J., 2002. Potential applications of mussel modeling. *Helgoland Marine Research*, **56**: 76-85.
- Borthagaray, A.I. & Carranza, A. 2007. Mussels as ecosystem engineers: Their contribution to species richness in a rocky littoral community. *Acta Oecologica*, **31**: 543-250.
- Commito, J.A.; Como, S.; Grupe, B.M. & Dow, W.E. 2008. Species diversity in the soft-bottom intertidal zone: Biogenic structure, sediment, and macrofauna across mussel beds spatial scales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **366**: 70-81.
- Cruz, O.; Suguio, K. & Eichler, B.B., 1985. Sedimentação acelerada de pontais e barras arenosas na Enseada de Caraguatatuba, SP: causas naturais e artificiais. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **33**(1): 39-54.
- Dahl, E., 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos*, **4**: 1-27.
- Emery, K.O., 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology Oceanography*, **6**: 695-710.
- Farinaccio, A., 2000. Alterações relacionadas à ação antrópica na dinâmica dos processos costeiros nas planícies de Praia Grande/ Mongaguá e Enseada de Caraguatatuba, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 150 pp.
- Farinaccio, A. & Tessler, M.G., 2006. Dinâmica de sedimentação na Ponta do Camaroeiro, porção Norte da Enseada de Caraguatatuba, SP. *Geociências*, **23**(3): 331-344.
- Folk, R.L. & Ward, W.C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27**: 3-27.
- Hammond, W. & Griffiths, C.L., 2004. Influence of wave exposure in South African mussel beds and their associated infaunal communities. *Marine Biology*, **144**: 547-552.
- Hargrave, B.T., 1972. Aerobic decomposition of sediment and detritus as a function of particle surface area and organic content. *Limnology and Oceanography*, **17**(4): 583-596.
- Hoefel, F.G., 1998. Morfodinâmica de Praias Arenosas: Uma Revisão Bibliográfica. Itajaí: Editora Univali, 92 pp.
- Incera, M.; Cividanes, S.P.; Lastra, M. & López, J., 2003. Temporal and spatial variability of sedimentary organic matter in sandy beaches on the northwest coast of the Iberian Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **58**: 55-61.
- Jayaraj, K.A.; Sheeba, P.; Josia Jacob, C.; Revichandran, P.K.; Arun, K.S.; Praseeda, K.S.; Nisha, P.A. & Rasheed, K.A., 2008. Response of infaunal macrobenthos to the sediment granulometry in a tropical continental margin – southern coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **77**: 743-754.
- Leite, F.P.P.; Migotto, A.E.; Duarte, L.F.L. & Tiago, C.G., 2011. Zonação em costões rochosos. **In: Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo – Sudeste do Brasil.** (orgs. Amaral, A.C.Z. & Nallin, S.A.H.). Campinas, SP: Unicamp/IB.
- Longbottom, M.R., 1970. The distribution of *Arenicola marina* (L.) with particular reference to the effects of particle size and organic matter of the sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **5**: 138-157.
- McLachlan, A., 1980. The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple rating system. *South African Journal of Science*, **76**: 137-138.
- McLachlan, A. & Brown, A.C., 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic Press, 392pp.

- McLachlan, A. & Jaramillo, E., 1995. Zonation on sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **33**: 305-335.
- O'Connor, N.E. & Crowe, T.P., 2007. Biodiversity among mussels: separating the influence of sizes of mussels from the ages of patches. *Journal of the Biological Marine Biological Association of the United Kingdom*, **87**: 551-557.
- Reish, D.J., 1979. *Bristle Worms (Annelida: Polychaeta)*. **In**: *Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates*. Academic Press, New York, p. 77-125.
- Salvat, B., 1964. Les conditions hidrodinamiques interstitielle des sediments meubles intertidale et la repartition vertical de la gene endoyee. *A. C. R. Academie Science Paris*, **259**: 1567-1571.
- Seed, R., 1976. *Ecology*. **In**: *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. (ed. Bayne, B. L.). Cambridge University, Cambridge, p. 13-65.
- Seed, R. & Suchanek, T.H., 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. *In*: *The mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture* (ed. Gosling, E.). *Development of Aquaculture and Fishery Science*, **25**: 97-170.
- Short, A.D. & Wright, L.D., 1983. *Physical variability of sandy beaches*. **In**: *Sandy beaches as ecosystems*. (eds. McLachlan, A. & Erasmus, T.). Port Elizabeth, South Africa: The Hague, D.W. Junk Publ., p. 145-156.
- Souza, C.R.G., 1990. *Considerações sobre os processos sedimentares quaternários e atuais na região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 334pp.
- Souza, C.R.G., 2009. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, **9**(1): 17-37.
- Suguio, K., 1973. *Introdução a Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Bluche/EDUSP, 321 pp.
- Svane, I. & Setyobudiandi, I., 1996. Diversity of associated fauna in beds of the blue mussel *Mytilus edulis* L.: Effects of location, patch size, and position within a patch. *Ophelia*, **45**(1): 39-53.
- Tsutsumi, H., 1990. Population persistence of *Capitella* sp. (Polychaeta: Capitellidae) on a mud flat subject to environmental disturbance by organic enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, **63**: 147-156.
- Villwock, J.A., 1987. Os paleoambientes da Província Costeira do Rio Grande do Sul e a possível ocorrência de antigos manguezais na costa sul do Brasil. *Anais I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Síntese dos Conhecimentos*, *Publ. ACIESP, São Paulo*, **1**(54): 132-137.
- Villwock, J.A., 1994. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. *Anais III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira – Subsídios a um Gerenciamento Ambiental*, *Publ. ACIESP, São Paulo*, **3**(87): 1-15.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms of clastic sediments. *The Journal of Geology*, **30**: 377-392.

## Capítulo 2

---

### Morfometria do poliqueta *Polydora neocaeca*

## RESUMO

Ao interpretar a variação da forma corporal dos organismos, estudos morfométricos permitem o entendimento dos processos que regem seu crescimento. Indivíduos de *Polydora neocaeca* associados a dois bancos de *Mytella charruana* nas praias do Camaroeiro e da Cidade (Litoral Norte do Estado de São Paulo) foram avaliados entre março de 2006 e março de 2007. Amostras mensais foram obtidas com o auxílio de um delimitador de 0,04 m<sup>2</sup> de área, até 20 cm de profundidade. Os polidorídeos foram triados do substrato do banco em peneiras de 1,0 e 0,3 mm de malha e das conchas de mitilídeos, com o auxílio de microscópio estereoscópico. Os indivíduos inteiros de *P. neocaeca* foram medidos em microscópios estereoscópico e óptico, com o auxílio de uma ocular micrométrica. As relações entre 2 medidas de tamanho total (comprimento total – CT e número total de setígeros – NS) e destas, com 16 medidas de tamanho parcial (comprimento e largura do prostômio, comprimento da região anterior, comprimento, largura – L, área e volume dos setígeros 3, 5 e 7 e comprimento do gancho do setígero 5) foram avaliadas por 5 modelos de crescimento alométrico (linear, quadrático, cúbico, *broken-stick* e de dois segmentos – DS). Para a seleção do modelo que oferece o maior suporte aos dados morfométricos, foram calculados os critérios de informação de Akaike (AICc) e os pesos Akaike (wi). Todas as relações apresentaram alometria negativa. No caso de CTxNS, isso significa que o aumento no NS é proporcionalmente menor do que o aumento no CT, ou seja, o crescimento dos indivíduos se dá não só pela adição de novos segmentos, mas também pelo aumento das dimensões dos setígeros. O modelo que apresentou o maior suporte às medidas morfométricas, tanto para os indivíduos do Camaroeiro, quanto para os da Cidade foi o modelo DS (wi<sub>CTxNS</sub> = 87,3% e 90,3%, respectivamente). A alteração na trajetória do crescimento das medidas pode ter sido causada por importantes eventos ocorridos na história natural da espécie ou por mudanças ecológicas. Em relação à estimativa do tamanho total dos polidorídeos a partir das medidas parciais, observou-se que a largura dos setígeros é a medida mais adequada para os indivíduos de ambos os bancos, tanto em relação ao CT, quanto em relação ao NS (Camaroeiro: wi<sub>DS(CTxL3)</sub> = 66,7% e wi<sub>DS(NSxL5)</sub> = 85,6% ; Cidade: wi<sub>DS(CTxL5)</sub> = 41,5% e wi<sub>DS(NSxL5)</sub> = 94,7%). Por tratar-se de um setígero modificado facilmente identificável, sugere-se a utilização da largura do setígero 5 para a estimativa tamanho corporal de *P. neocaeca*.

## ABSTRACT

By interpreting the variation on the body shape of organisms, morphometric studies enable the understanding of the processes that govern their growth. *Polydora neocaeca* individuals associated with two *Mytella charruana* mussel beds located at the Camaroeiro and the Cidade beaches (North Coast of São Paulo State) were evaluated between March 2006 and March 2007. Monthly samples were obtained using a 0.04 m<sup>2</sup> quadrat by excavating the substrate up to a 20 cm depth. The mussel bed substrate samples were sieved through a 1.0 and 0.3 mm mesh and the mytilid shells were examined under a stereoscopic microscope in order to collect the polydorid individuals. The intact *P. neocaeca* individuals were measured using stereoscopic and optic microscopes with a micrometric eyepiece. The relationships between 2 total size measures (total length - CT and total number of setigers - NS) and between the total size measures and 16 partial ones (length and width of the prostomium, length of the anterior region, length, width - L, area and volume of the setigers 3, 5 and 7 and length of the setiger 5 hook) were evaluated by 5 allometric growth models (linear, quadratic, cubic, broken-stick and two segments - SD). For model selection, the Akaike information criteria (AIC) and Akaike weigh (wi) were calculated. All relationships showed a negative allometry. In the CTxNS relationship, this allometry shows that the NS increase is proportionately smaller than the CT increase, meaning that the growth of the individuals is given not only by the addition of new segments, but also by the increase of the setiger measures. The model that best fitted the morphometric measures of both the Camaroeiro and the Cidade individuals was the DS model (wi<sub>CTxNS</sub> = 87.3% and 90.3%, respectively). The change on the growth trajectory of the measures may be caused by marked events in the life history of the species or by ecological changes inflicted on the individuals. Regarding to the estimation of the polydorids total size from partial measures, it was observed that the width of the setigers is the most appropriate measure for individuals from both mussel beds, on CT relationships, as well as on NS relationships (Camaroeiro: wi<sub>DS(CTxL3)</sub> = 66.7% and wi<sub>DS(NSxL5)</sub> = 85.6%; Cidade: wi<sub>DS(CTxL5)</sub> = 41.5% and wi<sub>DS(NSxL5)</sub> = 94.7%). Because it is a modified easily identifiable setiger, it is suggested here the use of the width of the setiger 5 to estimate body size of *P. neocaeca*.

## INTRODUÇÃO

Estudos morfométricos têm como objetivo descrever quantitativamente, analisar e interpretar a variação da forma corporal dos organismos, a partir das medidas dos indivíduos ou de suas estruturas, sendo relevantes para os campos da taxonomia, ecologia e evolução (Rohlf, 1990). Particularmente no caso de poliquetas, são de extrema importância porque tais vermes podem ser contraídos ou distorcidos dependendo do seu grau de relaxamento durante a fixação, podendo ter suas dimensões artificialmente alteradas (Warwick & Price, 1975). Uma vez que diferentes metodologias de fixação e preservação alteram substancialmente a forma dos poliquetas, torna-se necessário que todos os espécimes sejam submetidos aos mesmos protocolos (Costa-Paiva *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2010).

Diferentes análises morfométricas vêm sendo utilizadas para, dentro das populações, avaliar o crescimento corporal dos indivíduos ao longo da ontogenia (Parapar *et al.*, 1993; Garraffoni *et al.*, 2010, 2011), se há diferença de tamanho entre indivíduos imaturos e maduros ou se há dimorfismo sexual em relação ao tamanho (MacCord & Amaral, 2005; Garraffoni *et al.*, 2010, 2011). Entre as populações têm-se buscado discriminar espécies crípticas por caracteres morfométricos quando caracteres morfológicos qualitativos não são suficientes para a distinção dos táxons (Ford & Hutchings, 2005; Costa-Paiva & Paiva, 2007; Lattig *et al.*, 2007; Rocha & Paiva, 2013). Têm-se investigado, também, uma possível plasticidade fenotípica no tamanho dos indivíduos de uma mesma espécie que ocorre em ambientes diferentes, que seria motivada por condições e disponibilidades de recursos distintas (Martin *et al.*, 2003).

Trabalhos de biologia populacional requerem o exame de um grande número de indivíduos, representando todas as classes de tamanho corporal, e por esse motivo são dificultados pela recorrente obtenção de indivíduos fragmentados. Os poliquetas apresentam possibilidade de autotomia e quebra mecânica durante sua captura e manipulação (Desrosiers *et al.*, 1988). Os estudos morfométricos das medidas parciais desses animais são necessários para a identificação de caracteres diagnósticos para a estimativa do tamanho corporal (Desrosiers *et al.*, 1988; Omena & Amaral, 2001; MacCord & Amaral, 2005; Pardo *et al.*, 2010). Uma grande diversidade de medidas de tamanhos parciais tem sido utilizada em estudos populacionais de poliquetas, sendo que certa padronização é essencial para futuras comparações entre os trabalhos relacionados a esses organismos.



A forma dos organismos depende não só da variação de suas medidas, mas também da mudança na proporção entre elas, sendo que o crescimento alométrico (relativo entre duas medidas) constitui uma importante ferramenta de análise morfométrica. O coeficiente alométrico é um parâmetro que mede a diferença entre as taxas de crescimento das medidas que estão sendo comparadas. A abordagem tradicional dos trabalhos de crescimento alométrico é estimar a alometria a partir do coeficiente angular da regressão linear dos dados. Porém, segundo Katsanevakis *et al.* (2006), tal abordagem pode gerar resultados imprecisos, uma vez que os dados podem quebrar a premissa de linearidade ou apresentar pontos de descontinuidade alométrica. Esses autores sugerem, portanto, a seleção dos modelos mais adequados aos dados dentre um conjunto de modelos lineares, não-lineares e segmentados. Alterações na trajetória do crescimento de caracteres morfológicos durante a ontogenia são potenciais fontes de informação, pois podem ter sido causadas por importantes eventos ocorridos na história natural das espécies ou por mudanças ecológicas (Katsanevakis *et al.*, 2006). Entretanto, os únicos trabalhos encontrados sobre crescimento alométrico de poliquetas que consideram modelos não-lineares e segmentados foram os de Garraffoni *et al.* (2010, 2011) sobre *Nicolea uspiana* e o de Nagai (2012) sobre *Exogone (Exogone) brevi antennata*.

Com o objetivo de analisar as relações morfométricas de *Polydora neocaeca* (Williams & Radashevsky, 1999), cinco modelos de crescimento alométrico (linear, quadrático, cúbico, *broken-stick* e de dois segmentos) foram testados. A partir disso, medidas de tamanho total foram comparadas entre si, a fim de avaliar como a forma corporal varia ao longo do desenvolvimento dos indivíduos. Essas medidas foram comparadas, também, com aquelas de tamanho parcial, para que a medida mais adequada a ser utilizada como estimativa do tamanho total fosse determinada, possibilitando o aproveitamento de muitos vermes fragmentados que, apesar de conterem a cabeça, seriam descartados em trabalhos sobre a biologia populacional da espécie. Além disso, foi dada atenção para as diferenças entre o crescimento alométrico de dois grupos de indivíduos coletados em ambientes diferentes, uma vez que pode haver variação ao longo de um gradiente espacial.

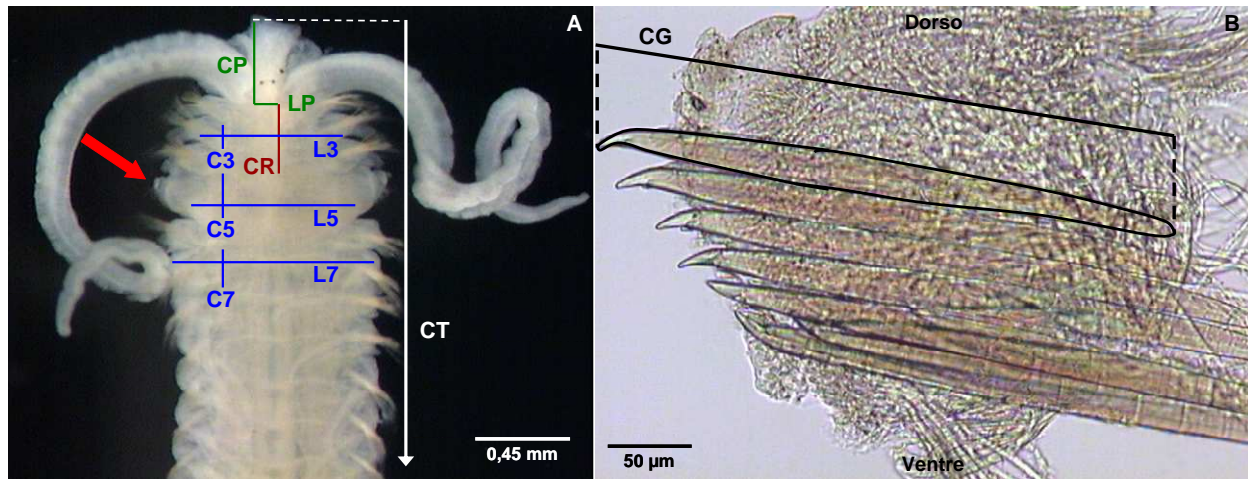
## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem e procedimentos laboratoriais

Coletas mensais foram realizadas em períodos de marés de sizígia em dois bancos de *Mytella charruana*, localizados nas praias do Camaroeiro (23°37'38''S e 45°23'50''W) (de março de 2006 a fevereiro de 2007) e da Cidade (23°37'27''S e 45°23'56''W) (de abril de 2006 a março de 2007), ambos situados no Município de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Na porção central de cada banco, foram traçados 15 transectos perpendiculares à linha d'água, sendo sorteado mensalmente um de cada banco para amostragem. Em cada transecto, os níveis superior, médio e inferior (próximo à linha d'água) foram amostrados com o auxílio de um delimitador de 0,04 m<sup>2</sup>. Em cada nível, dois procedimentos foram adotados: (1) primeiramente, 15 indivíduos de *M. charruana* do banco do Camaroeiro e 5 do banco da Cidade foram coletados na área interna ao delimitador; (2) em seguida, o substrato remanescente até 20 cm de profundidade foi removido. (1) após a remoção da parte mole do mitilídeo, as conchas dos indivíduos de *M. charruana* foram triadas em microscópio estereoscópico, tanto na face externa, quanto na interna (em bolhas de lama). (2) o substrato restante de cada amostra foi lavado em peneiras de 1,0 e 0,3 mm de malha. Todos os polidorídeos encontrados foram anestesiados em mentol, fixados em formalina a 6% e, posteriormente, preservados em álcool a 70%.

Os indivíduos inteiros de *Polydora neocaeca* que apresentaram melhores condições de fixação foram selecionados para serem medidos em microscópio, com o auxílio de uma ocular micrométrica. As medidas tomadas em microscópio estereoscópico foram: o comprimento total (CT) do indivíduo, o comprimento (CP) e a largura (LP) do prostômio, o comprimento da região anterior (CR) (do final do prostômio ao início do setígero 5) e o comprimento (C) e a largura (L) dos setígeros 3, 5 e 7 (Fig. 1A). Em microscópio óptico, foi medido o comprimento do gancho mais exposto do parapódio esquerdo do setígero 5 (CG) (Fig. 1B). Nos casos em que o referido gancho estava danificado, tomou-se a medida do gancho mais exposto do parapódio direito do setígero 5. Devido ao grande esforço empenhado na remoção do parapódio para a medição do gancho, esse procedimento foi realizado em uma sub-amostragem dos indivíduos (no máximo 10 indivíduos de cada uma das 11 classes de tamanho de A5 que diferem entre si em 0,01 mm<sup>2</sup>). Além disso, foi contado o número total de setígeros (NS) de cada indivíduo e foram calculados a

área superficial (A) e o volume (V) dos setígeros 3, 5 e 7, assumindo-os como cilíndricos ( $A = \mu LC$  e  $V = \mu(L/2)^2 C$ ).



**Figura 1.** Medidas morfométricas de *Polydora neocaeca*: comprimento total (CT) do indivíduo, comprimento (CP) e largura (LP) do prostômio, comprimento da região anterior (CR) e comprimento (C) e largura (L) dos setígeros 3, 5 e 7; a seta indica a localização do parapódio esquerdo do setígero 5 (A). Ganchos modificados do parapódio esquerdo do setígero 5, sendo CG o comprimento do gancho mais exposto (B).

## Análise dos dados

Para a investigação de como a forma corporal de *P. neocaeca* varia ao longo do seu desenvolvimento, NS foi relacionado com CT. Para a determinação de qual medida de tamanho parcial é a mais adequada para estimar o tamanho total de *P. neocaeca*, 16 medidas parciais (CP, LP, CR, C3, L3, A3, V3, C5, L5, A5, V5, C7, L7, A7, V7 e CG), consideradas como variáveis dependentes, foram relacionadas com CT e NS, estipuladas como variáveis independentes.

Cinco modelos foram testados com a finalidade de averiguar qual deles explica melhor o crescimento alométrico das medidas; o modelo linear (L), os não-lineares quadrático (Q) e cúbico (C) e os segmentados *broken-stick* (BS) e de dois segmentos (DS) (Tab. 1). O coeficiente de alometria  $b$  pode indicar alometria positiva ( $b > VC$ ), negativa ( $b < VC$ ) ou isometria ( $b = VC$ ), sendo VC o valor crítico de alometria, determinado conforme segue: 1 quando  $x$  e  $y$  têm o mesmo tipo de medida; 2 quando  $x$  é linear e  $y$  é uma medida de área; e 3 quando  $x$  é linear e  $y$  é uma medida de volume (MacCord & Amaral, 2005). O modelo linear considera  $b$  como um valor constante, os quadrático e cúbico como valores de mudança contínua ( $b = b_1 + 2b_2 \ln X$  para Q e

$b=b_1+2b_2\ln X+3b_3(\ln X)^2$  para C) e os dois restantes como tendo dois valores,  $b_1$  e  $b_2$ , constantes antes e depois de um ponto de descontinuidade alométrica denominado *breakpoint* ( $bp$ ) (Katsanevakis *et al.*, 2007).

**Tabela 1.** Modelos de crescimento alométrico, sendo  $k$  o número de parâmetros da regressão somados a 1 e  $bp$  o ponto da variável independente em que, nas regressões segmentadas, há descontinuidade alométrica.

Modelo	$k$	Equação
Linear (L)	3	$\ln Y = \ln a_1 + b_1 \ln X$
Quadrático (Q)	4	$\ln Y = \ln a_1 + b_1 \ln X + b_2 (\ln X)^2$
Cúbico (C)	5	$\ln Y = \ln a_1 + b_1 \ln X + b_2 (\ln X)^2 + b_3 (\ln X)^3$
<i>Broken-stick</i> (BS)	5	$\ln Y = \begin{cases} \ln a_1 + b_1 \ln X & X \leq bp \\ \ln a_1 + (b_1 - b_2) \ln bp + b_2 \ln X & X > bp \end{cases}$
Dois segmentos (DS)	6	$\ln Y = \begin{cases} \ln a_1 + b_1 \ln X & X \leq bp \\ \ln a_2 + b_2 \ln X & X > bp \end{cases}$

Para a seleção do modelo que oferece maior suporte aos dados morfométricos, foram calculados os critérios de informação de Akaike, modificados por fatores de correção devido à amostragem pequena:

$$AICc = n \left( \ln \left( \frac{2\pi RSS}{n} \right) + 1 \right) + 2k + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

sendo  $n$  o número de observações,  $RSS$  a soma dos quadrados dos resíduos da regressão e  $k$  o número de parâmetros da regressão somados a 1 (Tab. 1) (Akaike, 1973; Hurvich & Tsai, 1989). Como  $AICc$  representa o desvio do modelo em relação à realidade, aquele que apresentou o menor valor foi considerado como o mais adequado. Porém, os valores de  $AICc$ , sozinhos, não podem ser interpretados quanto à força da evidência em favor a cada modelo, pois apresentam constantes arbitrárias implícitas, fazendo-se necessário o ranqueamento desses valores por meio da diferença entre os  $AICc$ s dos modelos que estão sendo comparados (Burnham & Anderson, 2004). A diferença entre o  $AICc$  do modelo  $i$  e o  $AICc$  mínimo do conjunto de modelos foi calculada por:

$$\Delta_i = AICc,i - AICc,min$$

Segundo Burnham & Anderson (2004), os modelos com  $\Delta i < 2$  oferecem suporte substancial aos dados, aqueles com  $4 < \Delta i < 7$  apresentam considerável redução de suporte, enquanto que não há suporte para modelos com  $\Delta i > 10$  que devem, portanto, ser omitidos. Assim, os modelos com  $\Delta i \leq 4$  foram considerados como tendo um bom suporte às medidas morfométricas e aqueles com  $4 < \Delta i \leq 10$  como tendo suporte reduzido. As evidências em favor a cada modelo foram normalizadas para que, ao somarem 1, pudessem ser tratadas como probabilidades. Para tal, o peso Akaike ( $w_i$ ), que representa a probabilidade de que o modelo em questão seja realmente o mais adequado aos dados, foi calculado pela equação:

$$w_i = \frac{\exp(-0,5\Delta i)}{\sum_{r=1}^R \exp(-0,5\Delta ir)}$$

na qual R é o número de modelos sendo comparados (Burnham & Anderson, 2002). Nesse trabalho, R=5 para a avaliação da forma corporal de *P. neocaeca* ao longo do desenvolvimento (5 modelos) e R=80 para a estimativa do tamanho total a partir das medidas parciais (5 modelos para cada uma das 16 medidas).

Todas as análises foram realizadas utilizando-se os programas Microsoft Excel e R, versão 2.15.3 (R Core Team, 2013), com o auxílio da função desenvolvida por Nagai (2012).

## RESULTADOS

No banco do Camaroeiro foram coletados 1123 indivíduos de *Polydora neocaeca*, sendo que 196 foram medidos para a realização das análises morfométricas por estarem inteiros e em boas condições de fixação. Estes variaram de 0,66 a 22,50 mm de comprimento total dentre 13 e 135 setígeros. Já no banco da Cidade, dos 4047 indivíduos coletados, 258 foram analisados e variaram de 0,70 a 23,25 mm de comprimento total dentre 13 e 116 setígeros. Os intervalos do conjunto de medidas morfométricas estão indicados na tabela 2.

**Tabela 2.** Intervalos das medidas morfométricas de *Polydora neocaeca* do banco do Camaroeiro e da Cidade. CT – comprimento total (mm), NS – número total de setígeros, CP – comprimento (mm) e LP – largura do prostômio (mm), CR – comprimento da região anterior (mm), C – comprimento (mm), L – largura (mm), A – área (mm<sup>2</sup>) e V – volume (mm<sup>3</sup>) dos setígero 3, 5 e 7 e CG – comprimento do gancho (μm).

Medida	Camaroeiro	Cidade
CT	0,66 - 22,50	0,70 - 23,25
NS	13 - 135	13 - 116
CP	0,08 - 0,50	0,06 - 0,48
LP	0,02 - 0,16	0,02 - 0,22
CR	0,08 - 0,58	0,10 - 0,62
C3	0,02 - 0,14	0,02 - 0,18
L3	0,10 - 0,86	0,12 - 0,84
A3	0,0024 - 0,0924	0,0024 - 0,1344
V3	0,0002 - 0,0479	0,0002 - 0,0887
C5	0,04 - 0,26	0,02 - 0,24
L5	0,12 - 0,98	0,12 - 0,92
A5	0,0056 - 0,1664	0,0028 - 0,1720
V5	0,0006 - 0,0836	0,0003 - 0,1162
C7	0,02 - 0,18	0,02 - 0,20
L7	0,12 - 1,10	0,08 - 1,00
A7	0,0028 - 0,1260	0,0032 - 0,1600
V7	0,0003 - 0,0950	0,0002 - 0,1257
CG	87,50 - 400,00	68,75 - 412,50

### Forma corporal ao longo do desenvolvimento

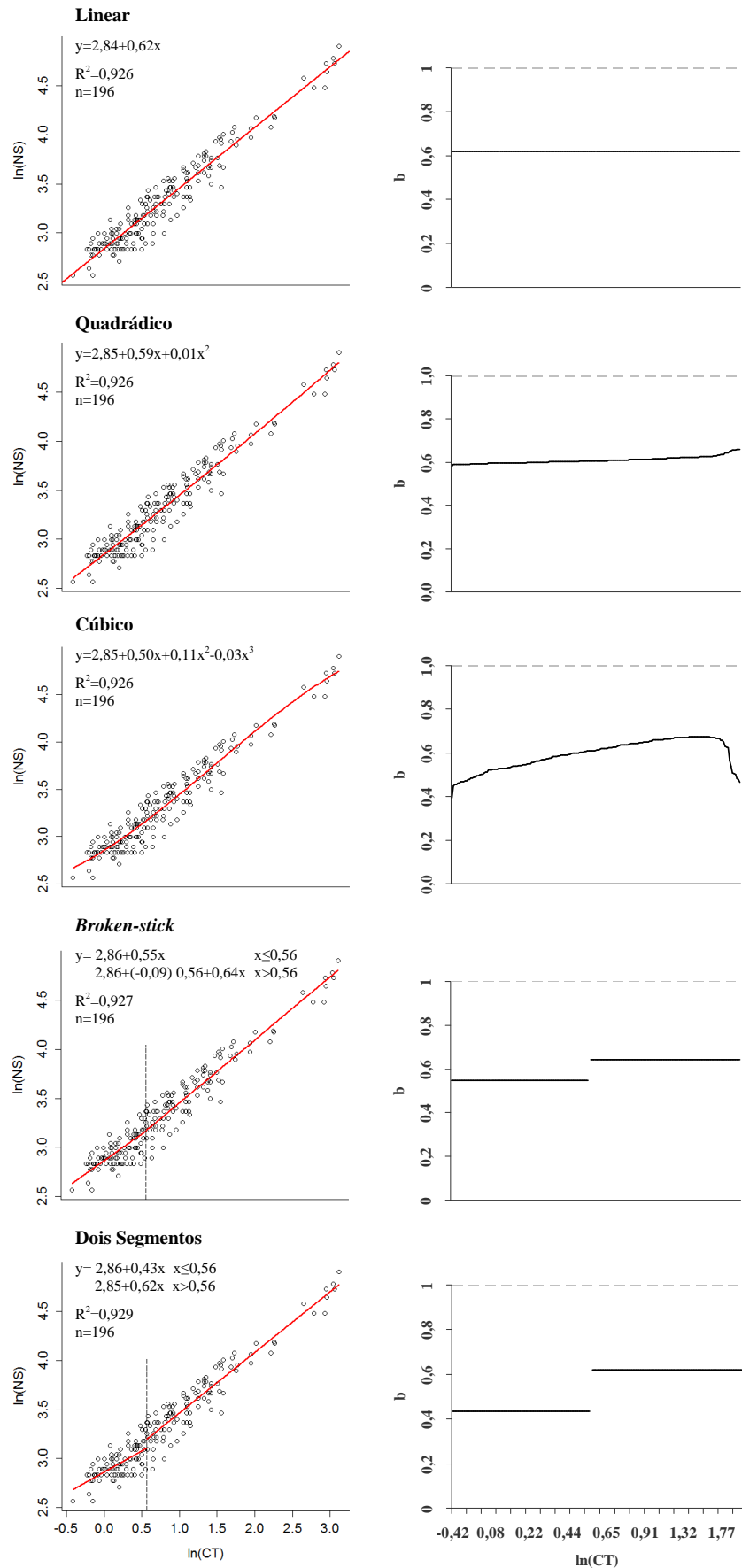
A variação da forma corporal de *P. neocaeca* ao longo do seu desenvolvimento foi analisada pela relação entre o número total de setígeros e o comprimento total dos indivíduos.

Os padrões de crescimento alométrico dos indivíduos coletados no banco do Camaroeiro podem ser observados na figura 2. No modelo linear  $b=0,62$  é constante, enquanto que nos modelos quadrático e cúbico apresentam valores de mudança contínua ( $b=0,59+2(0,01)\ln CT$  e  $b=0,50+2(0,11)\ln CT+3(-0,03)(\ln CT)^2$ , respectivamente). Para os modelos segmentados, o ponto de descontinuidade alométrica é 1,76 mm de comprimento total ( $bp = \ln CT = 0,56$ ). No modelo *broken-stick*  $b_1=0,55$  e  $b_2=0,64$  e no modelo de dois segmentos  $b_1=0,43$  e  $b_2=0,62$ . Os coeficientes de alometria de todos os modelos foram menores que 1 (Fig. 2) o que indica alometria negativa, ou seja, o aumento no número total de setígeros é proporcionalmente menor do que o aumento no comprimento total de *P. neocaeca* ao longo do seu desenvolvimento.

**Figura 2.** Banco do Camaroeiro – Relação entre o número total de setígeros (NS=y) e o comprimento total (CT=x) de *Polydora neocaeca*, aplicados aos cinco modelos analisados.

**(Esquerda)** Padrão de crescimento alométrico. Para cada regressão estão indicados a linha de tendência (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica dos modelos segmentados (em tracejado), a equação, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos avaliados (n).

**(Direita)** Variação do coeficiente de alometria b ao longo do desenvolvimento. Em tracejado é dado o valor crítico de alometria que indica isometria ( $b=1$ ).



O modelo mais adequado para determinar o padrão do crescimento alométrico dos indivíduos de *P. neocaeca* do banco do Camaroeiro foi o modelo de dois segmentos, o único a apresentar um bom suporte às medidas morfométricas ( $\Delta i < 4$ ), apresentando 87,3% de evidência em seu favor. Os demais modelos apresentaram suporte reduzido ( $4 < \Delta i < 10$ ) (Tabela 3).

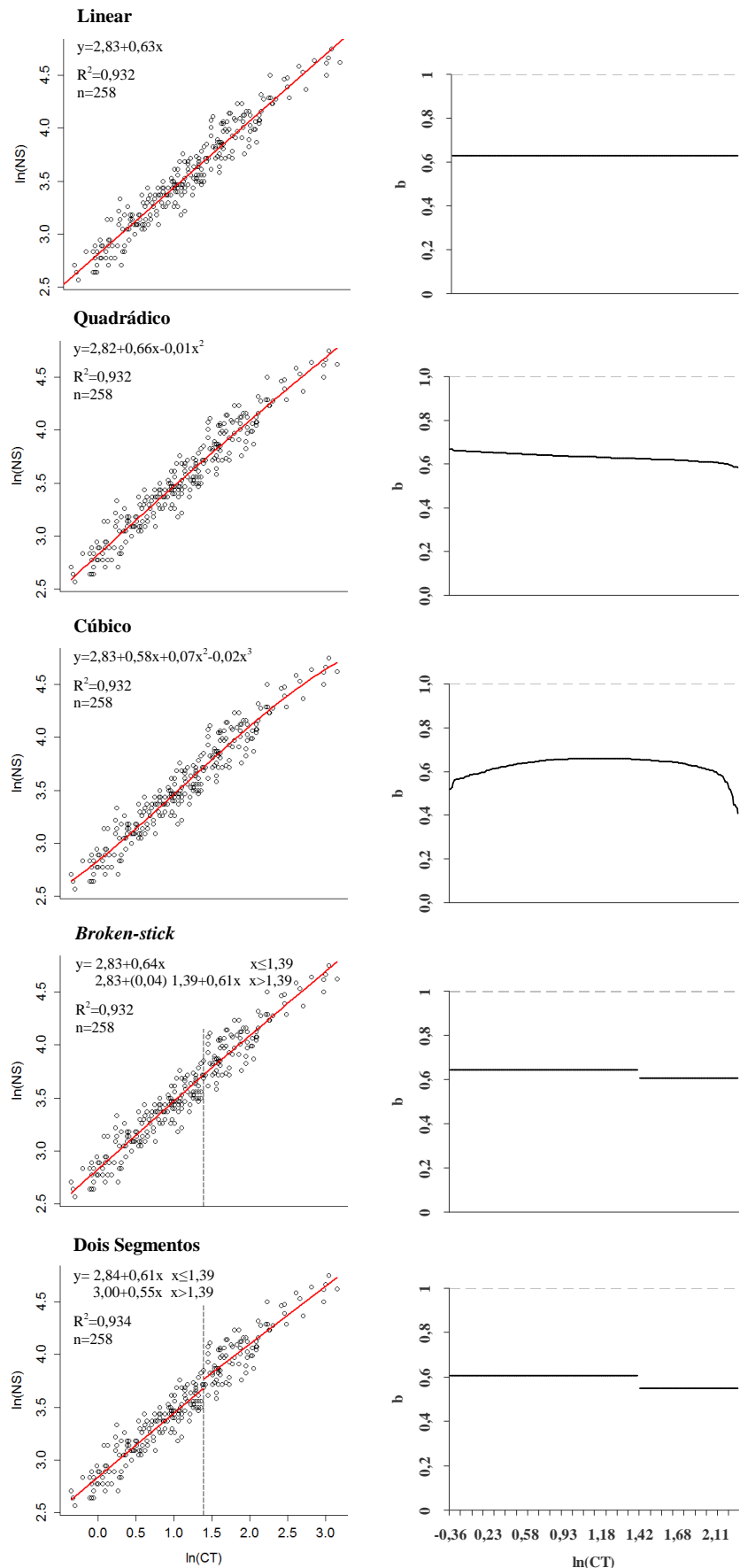
**Tabela 3.** Banco do Camaroeiro: valores do critério de informação de Akaike (AICc), da diferença AICc ( $\Delta i$ ) e do peso Akaike ( $w_i$ ) para os modelos linear (L), quadrático (Q), cúbico (C), *broken-stick* (BS) e de dois segmentos (DS) aplicados à relação entre o número total de setígeros e o comprimento total de *Polydora neocaeca*.

Modelo	AICc	$\Delta i$	$w_i$ (%)
L	-248,13	6,77	3,0
Q	-246,89	8,02	1,6
C	-248,04	6,86	2,8
BS	-249,32	5,58	5,4
DS	<b>-254,90</b>	<b>0,00</b>	<b>87,3</b>

Para os indivíduos coletados no banco da Cidade, os padrões de crescimento alométrico constam na Figura 3. Os coeficientes de alometria também indicaram alometria negativa em todos os modelos (Figura 3), sendo que para o modelo linear  $b=0,63$ , para o quadrático  $b=0,66+2(-0,01)\ln CT$ , para o cúbico  $b=0,58+2(0,07)\ln CT+3(-0,02)(\ln CT)^2$ , para o *broken-stick*  $b_1=0,64$  e  $b_2=0,61$  e para o de dois segmentos  $b_1=0,61$  e  $b_2=0,55$ , dois últimos cujo  $bp=1,39$  ( $CT = 4mm$ ).



**Figura 3.** Banco da Cidade – Relação entre o número total de setígeros (NS=y) e o comprimento total (CT=x) de *Polydora neocaeca*, aplicados aos cinco modelos analisados. **(Esquerda)** Padrão de crescimento alométrico. Para cada regressão estão indicados a linha de tendência (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica dos modelos segmentados (em tracejado), a equação, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos avaliados (n). **(Direita)** Variação do coeficiente de alometria b ao longo do desenvolvimento. Em tracejado é dado o valor crítico de alometria que indica isometria ( $b=1$ ).

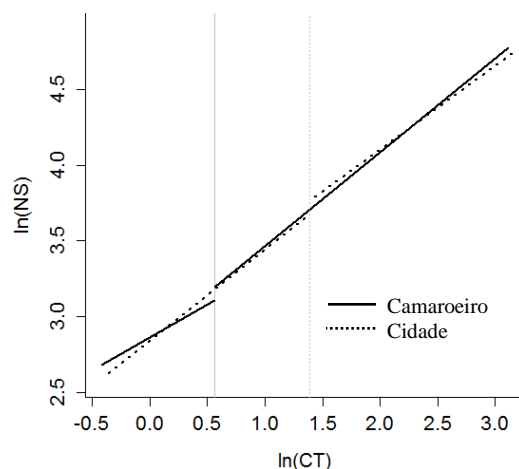


Para os indivíduos do banco da Cidade, novamente o modelo de dois segmentos foi selecionado por ser o único a apresentar um bom suporte às medidas morfométricas com 90,3% de evidência em favor a ele, enquanto que os demais modelos apresentaram suporte reduzido (Tab. 4).

**Tabela 4.** Banco da Cidade: valores do critério de informação de Akaike (AICc), da diferença AICc ( $\Delta i$ ) e do peso Akaike ( $w_i$ ) para os modelos linear (L), quadrático (Q), cúbico (C), *brohen-stick* (BS) e de dois segmentos (DS) aplicados à relação entre o número total de setígeros e o comprimento total de *Polydora neocaeca*.

Modelo	AICc	$\Delta i$	$w_i$ (%)
L	-332,14	6,76	3,1
Q	-331,25	7,65	2,0
C	-332,04	6,86	2,9
BS	-331,01	7,88	1,8
DS	<b>-338,90</b>	<b>0,00</b>	<b>90,3</b>

Comparando-se o crescimento alométrico dos modelos mais adequados às medidas em cada banco (DS para ambos os bancos), nota-se que o crescimento do número total de setígeros em relação ao comprimento total dos indivíduos não aparenta distinção entre eles, exceto pela posição do ponto de descontinuidade alométrica (Fig. 4) ( $bp=0,56$  para o Camaroeiro e  $bp=1,39$  para a Cidade) (Figs. 2 e 3).



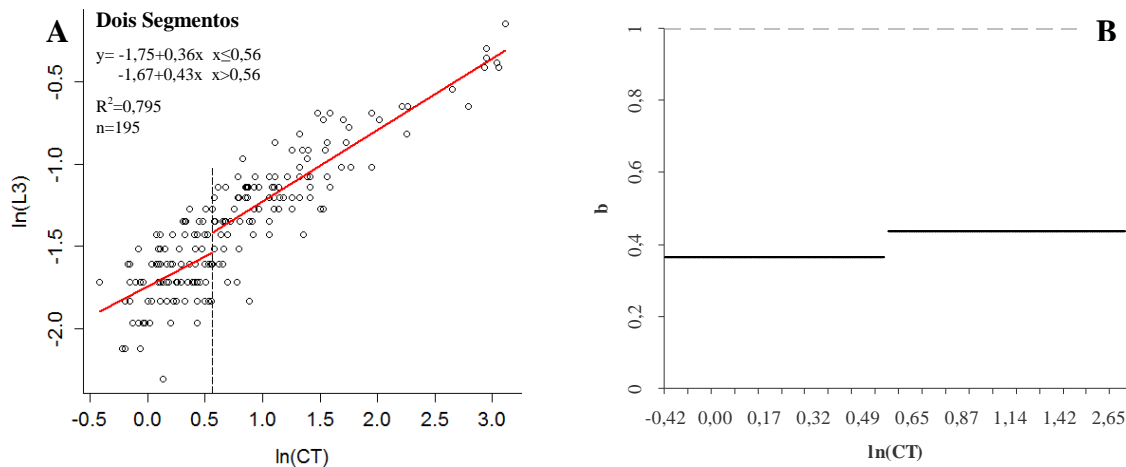
**Figura 4.** Comparação entre os indivíduos de *Polydora neocaeca* dos bancos do Camaroeiro e da Cidade – Crescimento alométrico em dois segmentos independentes do número total de setígeros (NS) em relação ao comprimento total (CT). As linhas em cinza indicam os pontos de descontinuidade alométrica.

## Estimativa de tamanho total a partir de medida parcial

Os cinco modelos foram aplicados às relações entre cada medida morfométrica parcial e o comprimento total de *P. neocaeca* (Tab. 5).

Para os indivíduos do Camaroeiro, a medida mais adequada para a estimativa do comprimento total foi a largura do setígero 3, com 66,7% de evidência em favor ao modelo DS e um bom suporte pelos modelos L e Q. Os modelos que apresentaram suporte reduzido foram C e BS para a largura do setígero 3, DS para a largura do setígero 5 e L e DS para a largura do setígero 7. Os modelos para as demais relações não apresentaram suporte algum (Tab. 5A).

A avaliação do padrão de crescimento alométrico da medida mais adequada (L3) aplicada ao modelo de maior evidência (DS) indicou alometria negativa, sendo  $b_1=0,36$  para indivíduos menores ou iguais a 1,76 mm de comprimento total ( $bp=0,56$ ) e  $b_2=0,43$  para os maiores (Fig. 5).



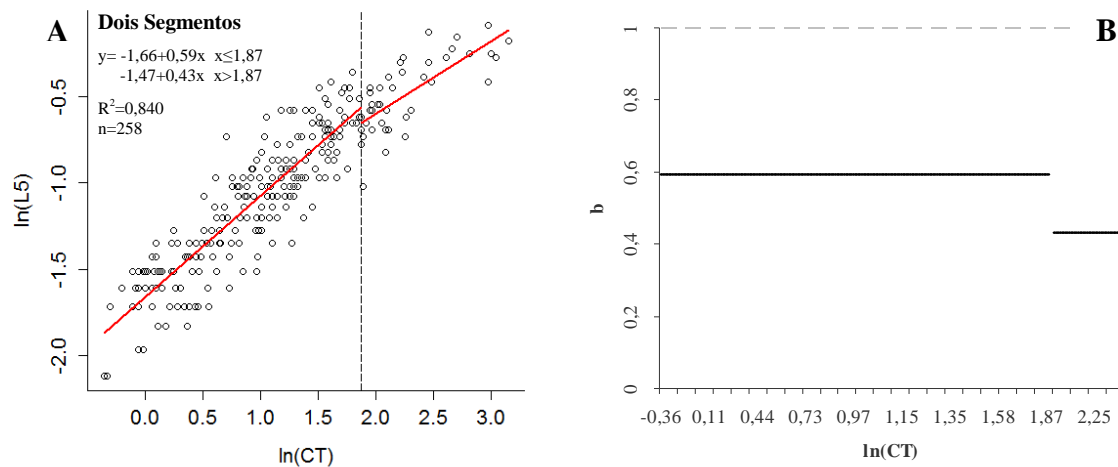
**Figura 5.** Banco do Camaroeiro – Relação entre a largura do setígero 3 (L3) e o comprimento total (CT) de *Polydora neocaeca*: padrão de crescimento alométrico no qual estão indicados a linha de tendência da regressão em dois segmentos independentes (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica (em tracejado), a equação da regressão, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos (n) (A); variação do coeficiente de alometria b no crescimento relativo, sendo o tracejado a representação do valor crítico de alometria 1 que indica isometria (B).

**Tabela 5.** Relações das medidas morfométricas parciais com o comprimento total de *Polydora neocaeca* do banco do Camaroeiro (A) e do banco da Cidade (B). Valores do critério de informação de Akaike (AICc), da diferença AICc ( $\Delta i$ ) e do peso Akaike ( $w_i$ ) para os modelos linear (L), quadrático (Q), cúbico (C), *broken-stick* (BS) e de dois segmentos (DS). Em negrito estão os valores do modelo mais adequado aos dados. CP – comprimento e LP – largura do prostômio, CR – comprimento da região anterior, C – comprimento, L – largura, A – área e V – volume dos setígero 3, 5 e 7 e CG – comprimento do gancho.

<b>A</b>	CP	LP	CR	C3	L3	A3	V3	C5	L5	A5	V5	C7	L7	A7	V7	CG
AICc																
L	-78,66	66,43	-57,86	139,76	-110,09	175,65	270,43	-21,32	-97,70	73,94	230,07	42,03	-103,80	156,52	294,59	-70,86
Q	-92,30	66,44	-63,11	124,30	-109,77	157,54	256,43	-39,57	-96,02	60,54	223,76	32,53	-101,87	150,80	292,11	-86,10
C	-96,55	67,65	-61,04	125,91	-107,99	158,80	257,66	-43,31	-96,63	53,67	218,56	27,06	-100,39	146,75	290,08	-97,87
BS	-91,38	66,84	-61,76	125,96	-108,46	159,73	257,70	-37,56	-95,69	72,63	230,91	28,82	-101,72	157,33	295,95	-80,05
DS	-96,06	68,77	-59,65	125,08	<b>-113,64</b>	155,19	252,57	-43,61	-104,66	45,35	207,24	30,06	-106,29	147,60	287,11	-93,39
$\Delta i$																
L	34,99	180,07	55,78	253,40	3,55	289,29	384,07	92,33	15,94	187,58	343,71	155,67	9,84	270,16	408,23	42,78
Q	21,35	180,08	50,53	237,94	3,87	271,18	370,07	74,07	17,62	174,18	337,40	146,17	11,77	264,44	405,75	27,54
C	17,09	181,29	52,60	239,55	5,65	272,44	371,30	70,33	17,01	167,32	332,20	140,70	13,25	260,39	403,72	15,77
BS	22,26	180,49	51,88	239,60	5,18	273,37	371,34	76,08	17,95	186,27	344,55	142,46	11,92	270,97	409,60	33,59
DS	17,58	182,41	53,99	238,72	<b>0,00</b>	268,83	366,21	70,03	8,98	158,99	320,88	143,70	7,35	261,24	400,75	20,26
$w_i$ (%)																
L	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Q	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
C	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
BS	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
DS	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>66,7</b>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
<b>B</b>	CP	LP	CR	C3	L3	A3	V3	C5	L5	A5	V5	C7	L7	A7	V7	CG
AICc																
L	-132,35	67,33	-48,64	116,13	-158,45	171,67	311,73	27,99	-156,69	118,65	295,44	38,92	-105,51	129,08	315,28	-77,93
Q	-167,48	68,28	-49,03	96,10	-159,39	147,16	292,78	8,07	-166,89	83,59	263,87	18,62	-111,59	97,41	289,88	-90,16
C	-165,50	65,45	-47,74	98,14	-160,67	147,85	292,19	7,19	-166,68	85,25	265,93	18,29	-112,47	92,98	285,64	-94,54
BS	-157,15	64,18	-48,65	97,23	-159,59	151,45	289,33	9,24	-167,40	86,39	270,32	16,00	-105,15	105,23	295,81	-78,69
DS	-167,87	60,83	-55,73	85,66	-166,82	137,76	285,16	3,81	<b>-170,31</b>	84,06	265,59	11,29	-116,83	86,72	280,45	-100,55
$\Delta i$																
L	37,96	237,63	121,67	286,44	11,86	341,98	482,04	198,29	13,62	288,96	465,75	209,22	64,80	299,39	485,59	92,38
Q	2,83	238,59	121,28	266,41	10,92	317,47	463,09	178,38	3,42	253,89	434,18	188,93	58,72	267,72	460,19	80,15
C	4,81	235,75	122,57	268,45	9,64	318,16	462,50	177,50	3,63	255,56	436,24	188,59	57,84	263,29	455,95	75,77
BS	13,16	234,49	121,66	267,54	10,72	321,76	459,64	179,55	2,91	256,70	440,63	186,31	65,16	275,54	466,12	91,62
DS	2,44	231,14	114,58	255,97	3,49	308,07	455,47	174,12	<b>0,00</b>	254,37	435,90	181,60	53,48	257,03	450,76	69,76
$w_i$ (%)																
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q	10,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C	3,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BS	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DS	12,3	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	<b>41,6</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A largura do setígero 5 foi selecionada como a mais adequada para a estimativa do comprimento total dos indivíduos da Cidade, sendo que o modelo DS apresentou a maior evidência (41,5%), além de Q, C e BS terem apresentado um bom suporte. O comprimento do prostômio pelos modelos Q e DS e a largura do setígero 3 pelo DS também apresentaram um bom suporte, enquanto que essas mesmas medidas (CP e L3) por C apresentaram suporte reduzido (Tab. 5B).

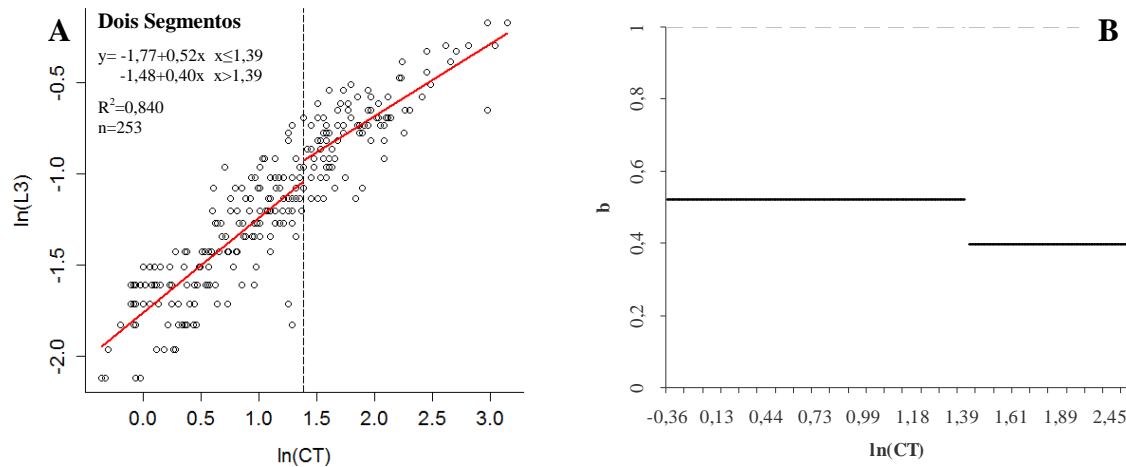
Pelo modelo de maior evidência (DS), nota-se que a medida mais adequada (L5) aumenta proporcionalmente menos do que o comprimento total, pois  $b_1=0,59$  e  $b_2=0,43$ , sendo  $bp=1,87$  (CT=6,49 mm) (Fig. 6).



**Figura 6.** Banco da Cidade – Relação entre a largura do setígero 5 (L5) e o comprimento total (CT) de *Polydora neocaeca*: padrão de crescimento alométrico no qual estão indicados a linha de tendência da regressão em dois segmentos independentes (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica (em tracejado), a equação da regressão, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos (n) (A); variação do coeficiente de alometria  $b$  no crescimento relativo, sendo o tracejado a representação do valor crítico de alometria 1 que indica isometria (B).

A fim de comparar o crescimento alométrico entre os indivíduos dos dois bancos, uma mesma medida de tamanho parcial deve ser relacionada com o comprimento total. L3 foi selecionada como a medida mais adequada para os indivíduos do Camaroeiro, enquanto que L5 apresentou suporte reduzido ( $\Delta i=8,98$ ), ambas apresentando um padrão de alometria em dois segmentos independentes (DS). Já para os da Cidade, L5 foi selecionada como a medida mais adequada, mas L3, aplicada ao modelo DS, apresentou um bom suporte ( $\Delta i=3,49$ ) (Tab. 5). Optou-se, portanto, pela avaliação da largura do setígero 3, inclusive para os indivíduos da

Cidade. Esta relação indicou mais uma vez alometria negativa no crescimento, para os quais  $b_1=0,52$  e  $b_2=0,40$ , sendo  $bp=1,39$  (CT=4,01 mm) (Fig. 7).

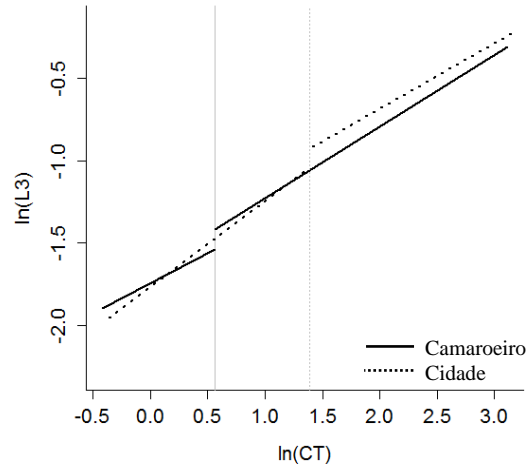


**Figura 7.** Banco da Cidade – Relação entre a largura do setígero 3 (L3) e o comprimento total (CT) de *Polydora neocaeca*: padrão de crescimento alométrico no qual estão indicados a linha de tendência da regressão em dois segmentos independentes (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica (em tracejado), a equação da regressão, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos (n) (A); variação do coeficiente de alometria b no crescimento relativo, sendo o tracejado a representação do valor crítico de alometria 1 que indica isometria (B).

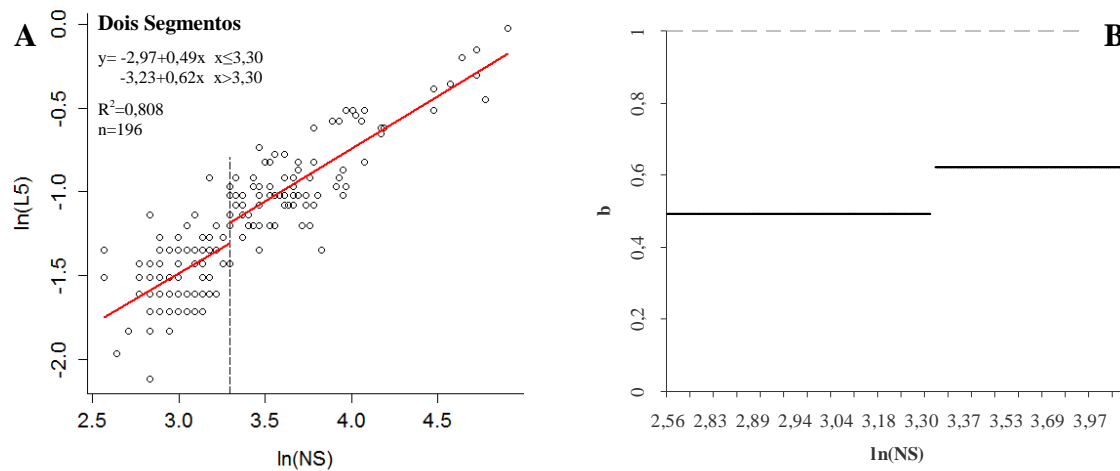
O crescimento da largura do setígero 3 em relação ao comprimento total segue um padrão semelhante nos dois bancos, apresentando o mesmo modelo de maior adequação (DS) (Fig. 8). Nota-se diferença, porém, na posição do ponto de descontinuidade alométrica ( $bp=0,56$  para o Camaroeiro; Fig. 5 e  $bp=1,39$  para a Cidade; Fig. 7).

Cada medida morfométrica parcial foi relacionada também com o número total de setígeros, por meio dos cinco modelos analisados (Tab. 6).

A relação entre a largura do setígero 5 e o número total de setígeros dos indivíduos do Camaroeiro, pelo modelo DS, foi a única a apresentar um bom suporte, com 85,6% de evidência em seu favor. A largura do setígero 3 pelos modelos L, BS e DS e a largura do setígero 7 por DS apresentaram suporte reduzido (Tab. 6A). L5 aumenta proporcionalmente menos do que NS, sendo  $b_1=0,49$ ,  $b_2=0,62$  e  $bp=3,30$  (NS=27 setígeros) (Fig. 9).



**Figura 8.** Comparação entre os indivíduos de *Polydora neocaeca* dos bancos do Camaroeiro e da Cidade – Crescimento alométrico em dois segmentos independentes da largura do setígero 3 (L3) em relação ao comprimento total (CT). As linhas em cinza indicam os pontos de descontinuidade alométrica.



**Figura 9.** Banco do Camaroeiro – Relação entre a largura do setígero 5 (L5) e o número total de setígeros (NS) de *Polydora neocaeca*: padrão de crescimento alométrico no qual estão indicados a linha de tendência da regressão em dois segmentos independentes (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica (em tracejado), a equação da regressão, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos (n) (A); variação do coeficiente de alometria b no crescimento relativo, sendo o tracejado a representação do valor crítico de alometria 1 que indica isometria (B).

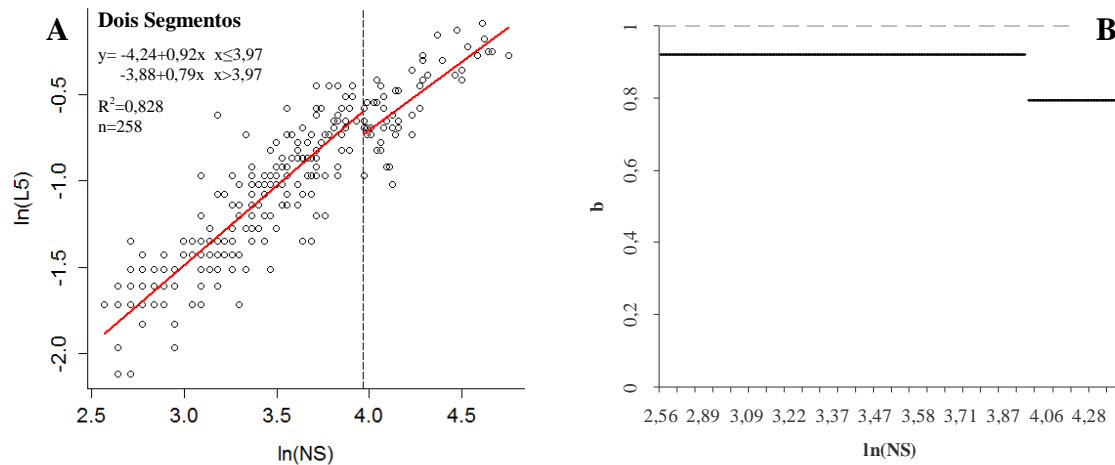
**Tabela 6.** Relações das medidas morfométricas parciais com o número total de setígeros de *Polydora neocaeca* do banco do Camaroeiro (A) e do banco da Cidade (B). Valores do critério de informação de Akaike (AICc), da diferença AICc ( $\Delta_i$ ) e do peso Akaike ( $w_i$ ) para os modelos linear (L), quadrático (Q), cúbico (C), *broken-stick* (BS) e de dois segmentos (DS). Em negrito estão os valores do modelo mais adequado aos dados. CP – comprimento e LP – largura do prostômio, CR – comprimento da região anterior, C – comprimento, L – largura, A – área e V – volume dos setígero 3, 5 e 7 e CG – comprimento do gancho.

<b>A</b>	CP	LP	CR	C3	L3	A3	V3	C5	L5	A5	V5	C7	L7	A7	V7	CG
AICc																
L	-18,15	79,27	5,23	181,96	-129,77	232,82	316,83	16,71	-127,47	106,40	239,66	77,25	-124,93	192,44	317,35	-74,60
Q	-18,52	80,24	7,20	180,76	-128,62	230,93	315,25	9,03	-125,84	100,34	236,51	76,55	-122,87	192,82	318,44	-86,14
C	-24,71	79,68	7,75	179,72	-126,78	230,03	314,95	9,24	-124,79	99,66	236,10	71,51	-120,94	189,82	317,18	-90,73
BS	-16,14	79,59	7,23	180,07	-129,05	233,93	318,06	15,25	-126,22	106,38	240,75	75,14	-123,19	191,82	319,42	-76,76
DS	-23,17	79,46	5,08	182,18	-134,48	223,46	305,84	6,98	<b>-138,71</b>	89,95	224,54	75,92	-129,50	193,92	309,73	-89,81
$\Delta_i$																
L	120,56	217,98	143,94	320,67	8,94	371,53	455,54	155,42	11,24	245,11	378,37	215,96	13,78	331,15	456,06	64,11
Q	120,20	218,95	145,91	319,48	10,10	369,64	453,96	147,74	12,88	239,06	375,23	215,26	15,84	331,53	457,15	52,58
C	114,00	218,40	146,46	318,43	11,94	368,75	453,66	147,95	13,92	238,37	374,81	210,22	17,78	328,53	455,90	47,99
BS	122,57	218,31	145,94	318,78	9,66	372,64	456,77	153,97	12,49	245,10	379,46	213,85	15,53	330,53	458,13	61,95
DS	115,54	218,17	143,79	320,89	4,24	362,17	444,55	145,69	<b>0,00</b>	228,66	363,25	214,64	9,22	332,63	448,44	48,91
$w_i$ (%)																
L	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Q	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DS	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	<b>85,6</b>	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
<b>B</b>	CP	LP	CR	C3	L3	A3	V3	C5	L5	A5	V5	C7	L7	A7	V7	CG
AICc																
L	-63,24	89,08	39,56	172,49	-129,76	267,27	405,77	80,06	-139,34	208,65	375,82	105,10	-96,93	229,66	396,53	-81,70
Q	-78,79	89,26	41,01	159,25	-128,35	256,28	398,71	65,05	-142,77	191,00	361,27	98,03	-98,61	220,43	388,76	-87,83
C	-76,75	85,75	42,90	161,34	-127,43	258,12	400,23	64,97	-141,96	192,76	363,35	94,38	-97,03	217,29	387,24	-87,28
BS	-81,71	84,18	41,34	156,80	-128,09	253,66	402,83	64,11	-143,71	187,14	356,96	100,86	-96,72	219,62	387,77	-83,97
DS	-90,35	79,38	32,18	152,56	-136,16	247,70	389,60	58,45	<b>-151,02</b>	185,34	355,38	82,98	-103,23	204,27	375,88	-97,57
$\Delta_i$																
L	87,78	240,10	190,58	323,51	21,27	418,29	556,79	231,09	11,68	359,67	526,84	256,12	54,09	380,68	547,55	69,33
Q	72,24	240,28	192,03	310,27	22,67	407,31	549,73	216,07	8,25	342,02	512,29	249,05	52,42	371,45	539,78	63,19
C	74,27	236,77	193,92	312,36	23,60	409,14	551,25	216,00	9,07	343,78	514,37	245,40	53,99	368,31	538,26	63,74
BS	69,31	235,20	192,36	307,82	22,93	404,68	553,86	215,13	7,31	338,16	507,98	251,88	54,30	370,64	538,79	67,05
DS	60,67	230,40	183,20	303,58	14,86	398,73	540,62	209,47	<b>0,00</b>	336,36	506,40	234,00	47,79	355,29	526,90	53,45
$w_i$ (%)																
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	<b>94,7</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



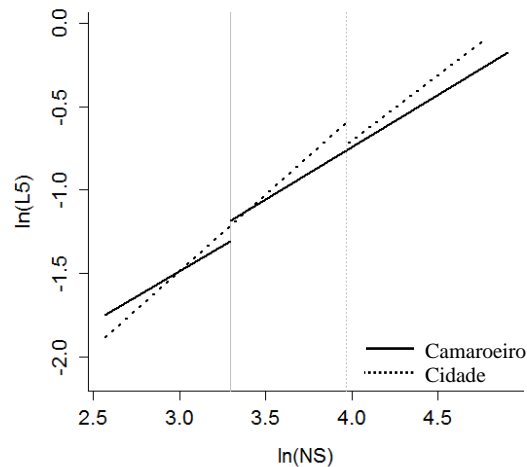
Para os indivíduos da Cidade, novamente a largura do setígero 5 foi a única medida que, pelo modelo DS, apresentou um bom suporte, com 94,7% de evidência em favor deste. Essa mesma medida (L5) pelos modelos Q, C e BS apresentaram suporte reduzido (Tab. 6B).

A relação entre L5 e NS pelo modelo DS indicou alometria negativa, com  $b_1=0,92$ ,  $b_2=0,79$  e  $bp=3,97$  (NS=53 setígeros) (Fig. 10).



**Figura 10.** Banco da Cidade – Relação entre a largura do setígero 5 (L5) e o número total de setígeros (NS) de *Polydora neocaeca*: padrão de crescimento alométrico no qual estão indicados a linha de tendência da regressão em dois segmentos independentes (em vermelho), o ponto de descontinuidade alométrica (em tracejado), a equação da regressão, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) e o número de indivíduos (n) (A); variação do coeficiente de alometria b no crescimento relativo, sendo o tracejado a representação do valor crítico de alometria 1 que indica isometria (B).

Assim como para as relações com o comprimento total dos indivíduos, o crescimento da largura do setígero 5 em relação ao número total de setígeros é semelhante nos dois bancos, apresentando um padrão em dois segmentos independentes (DS) (Fig. 11). Mais uma vez o ponto de descontinuidade alométrica da Cidade ( $bp=3,97$ ; Fig. 10) é maior do que o do Camaroeiro ( $bp=3,30$ ; Fig. 9).



**Figura 11.** Comparação entre os indivíduos de *Polydora neocaeca* dos bancos do Camaroeiro e da Cidade – Crescimento alométrico em dois segmentos independentes da largura do setígero 5 (L5) em relação ao número total de setígeros (NS). As linhas em cinza indicam os pontos de descontinuidade alométrica.

## DISCUSSÃO

Uma vez que a ação conjunta do número total de setígeros com o comprimento total dos indivíduos (medidas de tamanho total) interfere em como a forma corporal de *Polydora neocaeca* varia ao longo do seu desenvolvimento, pôde-se inferir sobre os processos que regem seu crescimento a partir dos padrões de alometria observados.

Segundo Yokoyama (1988), o número total de setígeros é fortemente relacionado com o comprimento total dos poliquetas. Os altos valores de  $R^2$  das relações entre essas medidas de tamanho total, encontrados neste trabalho (Figs. 2 e 3) e por MacCord & Amaral (2005), certificam essa constatação. Essa relação deve-se ao fato de que seu crescimento em comprimento total se dá pela adição contínua de novos segmentos na zona de proliferação, localizada logo anteriormente ao pigídio. A razão inicial de formação de novos segmentos é alta, mas decresce com o crescimento do indivíduo (Yokoyama, 1988). É de se esperar, portanto, que esses animais apresentem crescimento alométrico como também mencionado por Omena & Amaral (2001). No presente trabalho pôde-se observar uma alometria negativa na relação entre o número total de setígeros e o comprimento total dos indivíduos de ambos os bancos. O crescimento de poliquetas é uma resposta, não só a adição de novos segmentos, mas também ao aumento de volume daqueles que estão localizados mais anteriormente a zona de proliferação, o

que contribui para o aumento de seu comprimento total. Para animais pequenos, a adição de novos segmentos é mais importante para o crescimento corporal do que o aumento do volume de tais segmentos, sendo que essa tendência diminui com o aumento do tamanho do indivíduo. Isso foi constatado por MacCord & Amaral (2005) ao observarem que o aumento do volume dos setígeros começa a contribuir mais para o crescimento corporal de *Scoelelepis* cf. *chilensis* a partir de indivíduos com mais de 60 setígeros e *Scoelelepis goodbodyi* a partir de 40.

O modelo mais adequado para determinar o padrão do crescimento alométrico dos indivíduos de *P. neocaeca* amostrados nos dois bancos foi o modelo de dois segmentos, sendo que não foram encontradas diferenças relevantes entre eles. As mudanças na trajetória do crescimento das medidas de tamanho total, observadas no *bp*, podem ter sido causadas por importantes eventos ocorridos na história natural das espécies (Katsanevakis *et al.*, 2007) como por exemplo a maturidade sexual.

Em relação à estimativa do tamanho total dos poliquetas a partir de medidas parciais, Desrosiers *et al.* (1988) propõe a utilização do peso parcial dos primeiros 25 setígeros em populações de *Nereis virens*. Outro exemplo é o estudo de Warwick & Price (1975) que utiliza a largura máxima corporal próxima à região da cabeça para determinar classes de tamanho. Essas medidas são importantes, pois não exigem a utilização exclusiva de animais inteiros, não havendo necessidade de descarte de indivíduos fragmentados.

Os resultados do presente trabalho mostraram que o modelo de dois segmentos apresentou um bom suporte para as relações entre o comprimento total e o número total de setígeros com a largura do setígero 5. A escolha da medida mais adequada para a medição de poliquetas não deve basear-se unicamente no coeficiente de correlação, mas também na proximidade com o prostômio (que reduz a chance de quebra) e na facilidade com que a medição pode ser realizada. Por tratar-se de um setígero modificado facilmente identificável, sugere-se a utilização da largura do setígero 5 para a estimativa tanto do comprimento total quanto do número total de setígeros de poliquetas polidorídeos. O fato da largura dos setígeros fornecer uma melhor estimativa de tamanho do que o comprimento dos mesmos, foi também observada por MacCord & Amaral (2005) que recomendaram a utilização da largura do setígero 3, em estudos de duas espécies de *Scoelelepis* e por Omena & Amaral (2001) que recomendaram a largura do setígero 6 como estimativa para o crescimento de *Laeonereis acuta*. Esse último estudo sugere também, que a

medida da largura é mais fortemente relacionada com comprimento total devido à contração longitudinal do corpo do animal, durante a fixação.

Ao contrário do que se esperava, por tratar-se de estruturas rígidas e que, portanto, não são deformadas nos processos de fixação, o comprimento dos ganchos em relação ao tamanho corporal dos indivíduos de ambos os bancos não apresentou suporte pelos modelos de crescimento alométrico. Isso pode ser explicado pelo fato de que os indivíduos produzem constantemente, durante seu desenvolvimento, novos ganchos para a reposição daqueles que são desgastados ou danificados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akaike, H., 1973. *Information theory and an extension of the maximum likelihood principle*. In: *Second international symposium on information theory*. (eds. Petrov, B.N. & Csaki, F.). Akademiai Kiado, Budapest, p. 267-281.
- Burnham, K.P. & Anderson D.R., 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*, 2nd edn. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Burnham, K.P. & Anderson D.R., 2004. Multimodel Inference Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, **33**(2): 261-304.
- Costa-Paiva, E.M. & Paiva, P.C., 2007. A morphometric analysis of *Eunice cuvier* (Annelida, Polychaeta) species. *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**: 353-358.
- Costa-Paiva, E.M.; Paiva, P.C. & Klautau, M., 2007. Anaesthetization and effects on the morphology of sabellid polychaetes (Annelida: Polychaeta: Sabellidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **87**: 1127-1132.
- Desrosiers, G.; Vincent, B.; Retière, C. & Boucher, L., 1988. Comparison de critères utilisables pour l'étude de la structure des populations du polychète *Nereis virens* (Sars). *Canadian Journal of Zoology*, **66**: 1454-1459.
- Ford, E. & Hutchings, Pat, 2005. An analysis of morphological characters of *Owenia* useful to distinguish species: description of three new species of *Owenia* (Oweniidae: Polychaeta) from Australian waters. *Marine Ecology*, **26**: 181-196.
- Garraffoni, A.R.S., Yokoyama, L.Q. & Amaral, A.C.Z., 2010. Allometry and population structure of *Nicolea uspiana* (Polychaeta: Terebellidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **90**: 877-883.
- Garraffoni, A.R.S.; Yokoyama, L.Q. & Amaral, A.C.Z., 2011. Allometry and population structure of *Nicolea uspiana* (Polychaeta: Terebellidae)-CORRIGENDUM/ERRATUM/ADDENDUM. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **91**(8): 1711-1712.
- Hurvich, C.M. & Tsai, C.L., 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, **76**: 297-307.

- Katsanevakis, S.; Thessalou-Legaki, M.; Karlou-Riga, C.; Lefkaditou, E.; Dimitriou, E. & Verriopoulos, G., 2006. Information-theory approach to allometric growth of marine organisms. *Marine Biology*, **151**(3): 949-960.
- Lattig, P.; San Martín, G. & Martin, D., 2007. Taxonomic and morphometric analyses of the *Haplosyllis spongicola* complex (Polychaeta: Syllidae: Syllinae) from Spanish seas, with redescription of the type species and descriptions of two new species. *Scientia Marina*, **71**: 551-570.
- MacCord, F.S. & Amaral, A.C.Z., 2005. Morphometric analyses of two species of *Scoelepis* (Polychaeta: Spionidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **85**: 829-834.
- Martin, D.; Britayev T.A.; San Mantín, G. & GIL, J., 2003. Inter-population variability and character description in the spongeassociated *Haplosyllis spongicola* complex (Polychaeta: Syllidae). *Hydrobiologia* **496**: 145-162.
- Nagai, M. E., 2012. *Biologia populacional do poliqueta Exogone (Exogone) breviantennata Hartmann-Scröder, 1959 (Syllidae: Exogoninae)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 107 pp.
- Oliveira, V.M.; Santos, C.S.G.; Lana, P.C. & Camargo, M.G., 2010. Morphological variations caused by fixation techniques may lead to taxonomic confusion in *Laeonereis* (Polychaeta: Nereididae). *Zoologia*, **27**(1): 146-150.
- Omena, E.P. & Amaral, A.C.Z., 2001. Morphometric study os the nereidid *Laeonereis acuta* (Annelida: Polychaeta). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **81**: 423-426.
- Parapar, J.; Freire, J.; Urgorri, V. & Besteiro, C., 1993. Morphological Variability in *Eunice vittata* (Chiaje, 1828) (Polychaeta; Eunicidae) in the Ría De Ferrol (Galicia, NW Spain). *Ophelia*, **37**(2): 117-125.
- Pardo, E.V.; Teixeira, L.L.S. & Amaral, A.C.Z., 2010. Morphometric analysis of *Capitella capitata* (Polychaeta, Capitellidae). *Iheringia, Série Zoologia*, **100**(1): 13-18.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Rocha, M.B. & Paiva, P.C., 2013. Análises morfométricas de quatro espécies de *Scoelepis* (Annelida: Spionidae) no litoral do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **53**(5): 67-73.
- Rohlf, F.J, 1990. Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **21**: 299-316.
- Warwick, R.M. & Price, R., 1975. Macrofauna production in an estuarine mudflat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **55**: 1-18.
- Yokoyama, H., 1988. Effects of temperature on the feeding activity and growth rate of the spionid polychaeta *Paraprionospio* sp. (form A). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **123**: 41-60.

# Capítulo 3

---

**Population biology of *Polydora neocaeca* (Williams & Radashevsky, 1999), a polychaete species that infects mussel beds**

## ABSTRACT

The population biology of the spionid *Polydora neocaeca*, a polydorid that bores into gastropod and bivalve shells, was investigated in two mussel beds of *Mytella charruana*, one located at Camaroeiro Beach and the other at Cidade Beach, both sites situated at Caraguatatuba Bay, Southeastern Brazil. Sampling was conducted monthly, between March 2006 and February 2007 at Camaroeiro and between April 2006 and March 2007 at Cidade. *P. neocaeca* had continuous recruitment and similar von Bertalanffy growth parameters at both mussel beds, suggesting that the sampled groups of individuals are connected by occasional dispersal, representing a single population and genetic pool. Nevertheless, most population attributes differed between sites. Abundance, mean body size and longevity of *P. neocaeca* were higher at the Cidade mussel bed, whereas mortality was higher at the Camaroeiro mussel bed. These contrasting population attributes seemed to be more related to structural differences between mussel beds (i.e. density of *M. charruana*) than to environmental variables such as interstitial salinity, sediment temperature, organic matter, and sediment mean diameter grain.

## INTRODUCTION

Polychaetes are a dominant benthic fauna in the marine environment, being highly abundant and diverse in most marine habitats (Amaral & Nonato, 1996; Nacorda & Yap, 1997). They may represent about half of all species of macrobenthic invertebrates (Wilson *et al.*, 2003) and exhibit a wide range of feeding strategies such as carnivores, deposit feeders, suspension feeders, herbivores, opportunistic species, parasites, and commensal (Giangrande *et al.*, 2005). Because of these characteristics, polychaetes play an important role in the functioning of benthic communities and have significant ecological and economic importance (Wilson *et al.*, 2003; Giangrande *et al.*, 2005).

Polychaetes of the family Spionidae (Grube, 1850) are currently represented by more than 450 species, grouped into around 38 genera (Rouse & Pleijel, 2001). Among members of Spionidae, polydorids, characterized by a modified fifth setiger (Blake, 1996), are common parasites of edible mollusks because some species inhabit self-excavated burrows in calcareous substrata (Williams & Radashevsky, 1999). Polydorids infestation have been reported in various exploited mollusks, such as oysters, pearl oysters, mussels, scallops, clams, and abalones (Sato-Okoshi *et al.*, 2008), and may cause depreciation in the commercial value of their hosts by reducing the growth rate and the meat yield or inducing mortality (Sato-Okoshi *et al.*, 2008, 2012).

The recent increase in molluscan aquaculture may enhance polydorid infestation rates as a consequence of an increased number of potential hosts (Lauckner, 1983; Simon *et al.*, 2006; Riascos *et al.*, 2011; Sato-Okoshi *et al.*, 2012). It can also expand the geographical limits of certain commercially important mollusks and their associated organisms by introducing parasite species in new areas of occurrence, where they settle and spread (Sato-Okoshi *et al.*, 2012). On this scenario, to achieve effective management of natural resources, it is essential to investigate the population dynamics of both the economically important and the parasite organisms, which provides a better understanding about host-parasite systems (Marcogliese, 2004; Riascos *et al.*, 2011). However, our understanding of this issue is still limited (Studer *et al.*, 2013).

Even though polydorids have long been regarded as pests of a variety of commercially important mollusks around the world, the information about this group is scant (Sato-Okoshi *et al.*, 2008) and most studies focused only on taxonomic aspects (Riascos *et al.*, 2011). *Polydora neocaeca* is a polydorid which bores into gastropod and bivalve shells, and is found from intertidal to shallow subtidal areas of the american continent (Williams & Radashevsky, 1999). In Brazil, *P. neocaeca* infest the mussel *Mytella charruana* d'Orbigny (1846) (Mytilidae: Bivalvia),



a species commercially important for traditional communities subsistence and small-scale commercial purposes (Carranza *et al.*, 2009). Despite its wide range and well known association with an exploited species, no study has investigated ecological aspects of *P. neocaeca*.

Aiming to provide the first report of the population biology of *P. neocaeca*, we analyzed two groups of these polydoris associated with mussel beds of *M. charruana* in southeast Brazil. Specifically, we focused on population attributes such as dynamics, size structure, recruitment, growth, longevity, mortality, and also on environmental regulatory factors potentially affecting these attributes.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Study areas**

Specimens of *Polydora neocaeca* were collected on two beds of *Mytella charruana*, one at Camaroeiro Beach (23°37'38''S and 45°23'50''W), a dissipative to intermediate beach (Souza, 2009), and the other at Cidade Beach (23°37'27''S and 45°23'56''W), which is classified as a low-tide terrace intermediate beach (Amaral & Denadai, 2011). These beaches are situated at northern Caraguatatuba Bay, State of São Paulo, Brazil and the mussel beds are closely located to each other (ca 100 m). Both mussel beds were located parallel to the water line, and had an ellipsoid shape.

### **Sampling and laboratory procedures**

Samples were taken monthly during spring tide, from March 2006 through February 2007 at Camaroeiro and from April 2006 through March 2007 at Cidade. Each month, we measured the length and width of each mussel bed and used these values as ellipse principal axes to estimate their area. A 20 m long and 15 m wide rectangular sector was delimited on the central

portion of each mussel bed and 15 transects perpendicular to the water line were delimited in each sector, i.e., the 15 m wide divided in 1 m intervals. At each sampling occasion, one transect was randomly sorted among the 15 possibilities. Three sample units were spaced 10 m apart on each sorted transect and excavated to a depth of 20 cm, using a 0.04 m<sup>2</sup> (0.2 m side) quadrat. Before removal of samples, fifteen individuals of *M. charruana* from each sample unit from Camaroeiro (75 individuals per month) and five individuals of *M. charruana* from each sample unit from Cidade (15 individuals per month) were hand-collected and stored in plastic bags. The higher number of sampled mussels at Camaroeiro compared to Cidade was due to the lower density of *P. neocaeca* on the prior mussel bed (see Results) and to the necessity of high numbers of polydorids per month to perform growth analysis. In laboratory, all samples of substrate were sieved through a 0.3 mm mesh in order to collect all *P. neocaeca* individuals. The individuals of *M. charruana* previously stored in plastic bags had their soft parts removed so that their inner (in mud-blisters) and outer shell surfaces could be analyzed under a stereoscopic microscope on the search of *P. neocaeca* individuals. The remaining *M. charruana* individuals of each sample were removed from the substrate and counted. All specimens of *P. neocaeca* were relaxed in menthol, fixed in 6% formalin and preserved in 70% ethanol.

To verify possible environmental differences between the mussel beds, one sediment sample was collected next to each sample unit for the analysis of granulometry, organic matter and calcareous content. Sediment temperature and interstitial water salinity were measured *in situ* with a digital thermometer and a refractometer, respectively.

## **Data Analysis**

### **Environmental variables and mussel beds structure**

Environmental variables, mussel bed areas and *M. charruana* densities were compared between sites through one-way ANOVAs using the mean monthly value for each variable (Hurlbert, 1984). Graphs showing the area of the mussel beds and the density of *M. charruana* per month per site were constructed to illustrate the differences between sites, and also their variations during the study period.

### **Abundance and density of *Polydora neocaeca***

Five individuals of *M. charruana* from each sample unit of Camaroeiro were randomly sorted among the fifteen initially sampled to have their *P. neocaeca* dynamics analyzed and compared to the Cidade dynamics. Monthly mean abundances on shells and densities on substrate of *P. neocaeca* were log x+1 transformed and used to assess differences between sites through one-way ANOVAs. Graphs showing the number of individuals per month per site were constructed to illustrate the differences between sites, and also its variations during the study period.

### **Size structure**

The body length of sampled polychaetes tends to vary due to the loss of body parts during field work and also depends on the degree of relaxation of the worms during fixation (Warwick & Price, 1975; Desrosiers *et al.*, 1988). For population studies in which the entire length of the individual is necessary for determining age- and size-classes, incomplete specimens or variations in body length could negatively affect the results (MacCord & Amaral, 2005). To solve this problem, a measure of some structure that represents the entire length of the individual is often

used to define the age- and size-classes of the population (Desrosiers *et al.*, 1988). Comparisons of distinct morphometric structures of *P. neocaeca* (length and width of the prostomium, length of the anterior region – from the end of the prostomium up to the anterior edge of setiger 5, length, width, area and volume of setigers 3, 5 and 7 and length of the more exposed left falcate spine of the setiger 5) with total length (TL) showed that the width of the setiger 5 (WS5) was the most reliable indicator of size (Camaroeiro:  $\ln(\text{WS5}) = -1,58 + 0,24 \ln(\text{TL})$  for  $\ln(\text{TL}) \leq 0,56$  and  $\ln(\text{WS5}) = -1,52 + 0,42 \ln(\text{TL})$  for  $\ln(\text{TL}) > 0,56$ ;  $r^2 = 0,771$ ;  $n = 196$ ; and Cidade:  $\ln(\text{WS5}) = -1,66 + 0,59 \ln(\text{TL})$  for  $\ln(\text{TL}) \leq 1,87$  and  $\ln(\text{WS5}) = -1,47 + 0,43 \ln(\text{TL})$  for  $\ln(\text{TL}) > 1,87$ ;  $r^2 = 0,840$ ;  $n = 258$ : Chapter 2).

An one-way ANOVA was used to assess differences on WS5 measures of *P. neocaeca* between sites using all individuals log x+1 transformed measures as replicates. A graph showing the mean of WS5 per month per site was constructed to illustrate the differences between sites, and also its variations during the study period. Monthly WS5 size-frequency measures were grouped into 19 size classes with 0,05 mm intervals.

## **Recruitment**

The annual recruitment pattern was estimated separately for each group of individuals (the Camaroeiro group and the Cidade group) by performing a modal progression analysis using the size-frequency distribution according to the method of Bhattacharya (1967), which enables the separation of the modal components into distinct cohorts (Turra *et al.*, 2014), and by observing peaks in the frequency of juveniles in the size-frequency distributions.

## Growth and longevity

For each group of individuals, the data of the monthly WS5 size-frequency measures were modeled using the von Bertalanffy growth function modified for seasonality (VBGF: García-Berthou *et al.*, 2012):

$$L_t = L_\infty \left[ 1 - e^{[-K(t-t_0) - (KC/2\pi)\sin 2\pi(t-t_s) + (KC/2\pi)\sin 2\pi(t_0-t_s)]} \right]$$

where  $L_t$  is the width of the setiger 5 at time  $t$ ;  $L_\infty$  is the theoretical maximum width of the setiger 5 attained by the species;  $K$  is the growth constant;  $C$  is a constant for the amplitude of the seasonal growth oscillation;  $t_0$  is the age at length zero; and  $t_s$  is the initial point of seasonal oscillation in relation to  $t_0$  (Gayanilo *et al.*, 2005). The winter point (WP), i.e., the period of growth reduction, expressed as a decimal fraction of the year, was obtained through the equation  $WP = t_s + 0.5$  (Gayanilo *et al.*, 2005).

The parameters of von Bertalanffy growth function (VBGF) were estimated using the Electronic Length Frequency Analysis (ELEFAN I) routine of the FISAT II program. The subroutines of ELEFAN (K-scan, Response Surface Analysis and Automatic Search) were used to identify the VBGF parameters that best fit the monthly size-frequency data. Therefore, the growth parameters varied until the best adjustment was reached using the  $R_n$  value as a criterion of fit.

The longevity was estimated as the mean of (1) the value achieved on the basis of the maximum observed length and the relative age-length key obtained from length frequency analysis ( $t_{\max 1}$ ) (Gomez & Defeo, 1999) and (2) the value achieved using an inverse of the von Bertalanffy growth equation, assuming the maximum width of the setiger 5 as 99% of the asymptotic WS5 ( $t_{\max 2}$ ) (Sparre *et al.*, 1989).

$$t_{\max 2} = \frac{[\ln L_{99\%} - \ln(L_\infty - L_{99\%})]}{K}$$

## **Mortality**

The instantaneous mortality rate (Z) was calculated for each group of individuals by the length-converted catch curve method of the FISAT program (Gayaniilo *et al.*, 2005). The estimation of Z was given by:

$$\ln(N) = g - Zt$$

where N is the number of individuals; g is the regression intercept; Z is the unbiased mortality estimated in a module, and t is the estimated age in each cohort (Pauly, 1983).

## **RESULTS**

### **Environmental variables and mussel beds structure**

Environmental data are detailed on table 1. Interstitial salinity, sediment temperature, organic matter and mean diameter grain did not differ between the mussel beds; however, calcareous and silt and clay contents were higher at Cidade.

The Camaroeiro mussel bed was larger compared to the Cidade one (Camaroeiro=571.22±23.97 m<sup>2</sup> (±SE); Cidade=464.48±18.08 m<sup>2</sup> (±SE) (F=11.81; df=1; P=0.003)). In spite of that, the Camaroeiro mussel bed had greater variation in size, even though both decreased throughout the study period (Fig. 1A).

Greater monthly mean densities of *M. charruana* were recorded at Cidade (Camaroeiro=30.64±2.97 ind.0.04m<sup>-2</sup> (±SE); Cidade=145.00±38.90 ind.0.04m<sup>-2</sup> (±SE) (F=8.59; df=1; P=0.007)). At Camaroeiro they decreased continuously throughout the study period (Fig. 1B).

### **Abundance and density of *Polydora neocaeca***

The monthly mean abundances on shells and densities on substrate of *P. neocaeca* were smaller at the Camaroeiro mussel bed compared with the Cidade mussel bed (Shell: Camaroeiro=1.84  $\pm$ 0.41 ind.shell<sup>-1</sup>; Cidade=15.29  $\pm$ 6.95 ind.shell<sup>-1</sup> ( $\pm$ SE) (F=10.30; df=1; P=0.004) (Fig. 2A); Substrate: Camaroeiro=1.50  $\pm$ 0.42 ind.0.04m<sup>-2</sup>; Cidade=35.94  $\pm$ 16.76 ind.0.04m<sup>-2</sup> ( $\pm$ SE) (F=46.25; df=1; P<0.001) (Fig. 2B)).

### **Size structure**

From a total of 1123 individuals from the Camaroeiro mussel bed, 1008 individuals were measured, of which only 19.5% had their complete body size. They showed a variation in the width of the setiger 5 (WS5) from 0.12 to 1.1 mm. From 4047 individuals collected from the Cidade mussel bed, 1687 individuals were measured (15.3% intact), ranging from 0.12 to 1.0 mm. Individuals from Camaroeiro were smaller than those from Cidade (WS5: Camaroeiro=0.33  $\pm$ 0.005 mm ( $\pm$ SE); Cidade=0.44  $\pm$ 0.004 mm ( $\pm$ SE) (F=360.6; df=1; P<0.001)) (Fig. 3).

There was a predominance of smaller size classes at Camaroeiro, while at Cidade larger classes were predominant (Fig. 4).

### **Recruitment**

*Polydora neocaeca* showed continuous recruitment in both mussel beds, as evidenced by the predominance of smaller size classes (Fig. 4) and the presence of new cohorts (Fig. 5) in almost all months in both sites. Despite the continuous recruitments, peaks of individuals smaller than 0.25 mm in WS5 occurred specially in June 2006, August 2006 and January 2007 in both sites (Fig. 4) revealing a relatively synchronized pattern on their reproductive events.

### **Growth and longevity**

Similar VBGF parameters were found for both groups of *P. neocaeca*. The estimated values were:  $L_{\infty}=1.1$ ,  $K=1.5$ ,  $C=1$ ,  $WP=0.5$ ,  $Rn=0.225$  for the Camaroeiro group; and  $L_{\infty}=1.1$ ,  $K=1.2$ ,  $C=0.8$ ,  $WP=0.8$ ,  $Rn=0.236$  for the Cidade group (Tab.3 ). The similar parameters resulted in similar estimated growth curves (Fig. 6). The calculated longevitys were 1.5 and 0.85 years at Camaroeiro and 1.8 and 0.98 years at Cidade ( $t_{max}$  1 and 2, respectively). This indicated a mean life span of 1.2 years at Camaroeiro and 1.4 at Cidade. These attributes combined show that the Camaroeiro group has a slightly faster growth and consequently a shorter life span compared to the Cidade group.

### **Mortality**

The length-converted catch curve indicated three mortality events in both groups of individuals (Fig. 7, Tab. 2). At Camaroeiro, the first event was the most intense and involved young adults (4 months, 0.4 mm in WS5). The second event represented the mortality in individuals from approximately 1 year old (WS5 0.7-0.75 mm) and was slightly weaker than the first. The last event did not markedly reduce the number of individuals and was concentrated in individuals older than 1.5 years (WS5 0.9-1.1 mm). The estimated mortality ( $Z$ ) for the entire Camaroeiro group was  $3.77 \text{ year}^{-1}$ . At Cidade, the first event was the intermediate in intensity and involved newly recruited individuals (<3 months, <0.4 mm in WS5). The second event was the most intense and represented the mortality in individuals from 1 to 1.5 years old (WS5 0.5-0.8 mm). As recorded at Camaroeiro, the third event did not markedly reduce the number of individuals and was concentrated in older individuals (>2 years, >0.85 mm in WS5). The estimated mortality ( $Z$ ) for the entire Cidade group was  $3.03 \text{ year}^{-1}$ .



## DISCUSSION

The recruitment patterns overtime and the estimated growth parameters were similar for *Polydora neocaeca* inhabiting the two mussel beds; however, most dynamic, demographic (size structure) and other population attributes (longevity and mortality) differed between sites. Several studies have shown that genetic and environmental factors can have a significant impact on the population dynamics of macrobenthic species (Dorsett, 1961; Miron & Desrosiers, 1990; Zajac, 1991b; Riascos, 2011), and both factors are likely to be responsible for the population attributes recorded in this study.

Genetic features can exert a major role on growth rates of macrobenthic species (Koehn & Gaffney, 1984; Tamoyo *et al.*, 2014). Although so far we have treated individuals from each mussel bed separately, they may, in fact, constitute a single population. In this metapopulation perspective, “a collection of local populations are connected by occasional dispersal” (Hanski & Gilpin, 1991). Gillet *et al.* (2011) analyzed two populations of *Allita (Neanthes) succinea* situated 2 km apart on the Romanian coast of the Black Sea and found that the sampled populations were genetically close and could be considered as a single population and genetic pool. Considering (1) that *P. neocaeca* shows similar development as other *Polydora* species, with planktotrophic larvae which may remain at the water column for 5 months and settle randomly on the surface of calcareous substrata (Day & Blake, 1979), and (2) the sheltered characteristics and the proximity of both mussel beds (100 m), it is likely that individuals from both sites constitute a unique genetic pool. The similarities recorded for both groups (Camaroeiro and Cidade) concerning the recruitment patterns overtime and the estimated growth parameters corroborate this hypothesis. In addition to genetic factors, similar environmental variables which may influence growth rates of *Polydora*, such as temperature and salinity (Dorsett, 1961; Stephen, 1978; Day & Blake, 1979; Zajac, 1991b), may also contribute to these similarities.

Overall, the growth pattern of *P. neocaeca* in this study is characterized by a rapid initial increase in body size (WS5) followed by a significant decrease in winter and beginning of spring. This reduction on growth rate is probably related to the low temperatures and to higher energy allocation invested on reproduction in spite of somatic growth during this period, as recorded for the spionids *Polydora robi* (Willians, 2001) from the Philippines and *Scoelepis squamata* (Souza & Borzone, 2000) and *S. goodbodyi* (Leão *et al.*, 2012) from Brazil. The growth rates recorded for *P. neocaeca* are intermediate to moderately low compared to other polychaete species (Tab. 3) which suggest that this species does not have a strong opportunistic behavior as observed for most species of this group. The association of *P. neocaeca* with a specific substrate, such as mussel beds, may turn this species more selective and, therefore, reduce its growth rate and opportunistic character.

Despite the similarities in growth patterns, most dynamic, demographic and other population attributes differed between the Camaroeiro and the Cidade groups. The abundance of *P. neocaeca* was much lower at the Camaroeiro mussel bed, even though it presented a larger area. This seemed to be related to structural factors, such as lower mussel densities. The abundance of *Mytella charruana* individuals at the Camaroeiro mussel bed constantly decreased throughout the study period. This decrease can be explained by the formation of a sandbar that modified the local water circulation process and buried part of the Camaroeiro mussel bed. The local formation of sandbars was also observed by Farinaccio & Tessler (2006), who previously studied the sedimentation dynamics of the Camaroeiro beach and observed seasonality on the referred process due to the local predominant longshore drift. In contrast, a minor variation in the area of the Cidade mussel bed was recorded, and only fluctuations in the *M. charruana* densities were observed. The higher density of *M. charruana* recorded at the Cidade mussel bed agree with the structural differences between sites and characterize it as a more favorable environment for *P.*

*neocaeca*. Higher densities of mussels should enhance the niches available to be occupied by associated fauna and also reduce deleterious effects inflicted on this fauna, such as desiccation exposure and the influence of waves and tides. The higher silt and clay content at Cidade may be, as well, an indicative of a more structured environment which favors the presence of *P. neocaeca*. However, this high silt and clay content may also be a consequence, rather than a cause, of the greater number of *P. neocaeca* individuals. Daro & Polk (1973) studied the behavior and ecology of *P. ciliata* and found that individuals fix mud suspended in the water while stirs the water downward by moving its palps, thus playing an important part in the process of sedimentation of muddy coastal sites.

Different size structures, longevities and mortality estimates of *P. neocaeca*, recorded between the mussel beds, reflect the contrasting environmental conditions at each site. According to Arendt (1997), changes in habitat conditions result in higher growth rates and smaller individuals, as observed at the Camaroeiro mussel bed, which suffered directly with the sandbar formation. Higher growth rates are related, as well, to shorter life expectancy (Robertson, 1979), which (combined with higher mortality rates) explains the shorter longevity of *P. neocaeca* individuals at Camaroeiro compared to the Cidade group. The life expectancy estimated for polychaete populations vary considerably (Tab. 3) according to the combination of the life history characteristics of the species, the availability of resources, and the environmental conditions they are subjected to (Omena & Amaral, 2000; Pagliosa & Lana, 2000; Souza & Borzone, 2000; Souza & Borzone, 2007; Leão *et al.*, 2012; Otegui *et al.*, 2012). The longevity recorded in this study is much higher than the 5.5 months maximum life span estimated for *P. cornuta* by Zajac (1991b) under field conditions; however, the 13 months life span estimated by Anger *et al.* (1986) under laboratory conditions for the same species is more comparable to the results obtained here. The higher mortality of *P. neocaeca* at Camaroeiro is caused by a reduced

habitat quality, resulting in a reduced life expectancy. Furthermore, the high mortality of just-established and young individuals at Camaroeiro, compared to the Cidade group, prevents a large part of the former from becoming sexually mature and, therefore reflects the different roles of each mussel bed in the metapopulation framework (source-sink populations). In this sense, the Cidade group, with higher abundance and larger individuals, is probably acting as a source population providing individuals for the Camaroeiro mussel bed.

*Polydora neocaeca* revealed a continuous recruitment pattern with peaks in winter and summer periods at both sites as evidenced by the modal progression analysis and the size-frequency distributions. The high intensity of juveniles in winter is probably related to higher availability of food resources or may be a consequence of previous spawning events in warmer months. Several studies have also reported reproductive activity in polydorids during the summer (Blake, 1969; Daro & Polk, 1973; Zajac, 1991a), and temperature seems to be an important influence factor upon the reproductive biology of this group (Day & Blake, 1979). The continuous recruitment pattern observed for *P. neocaeca* reflects its continuous reproduction at the study sites. This pattern was also observed for other spionids, such as *P. ciliata* (Daro & Polk, 1973), *P. cornuta* (Zajac, 1991a), *Scoelepis squamata* (Souza & Borzone, 2000) and *S. goodbodyi* (MacCord & Amaral, 2005; Leão *et al.*, 2012), and may be a pattern for these polychaetes in subtropical and tropical regions (Otegui *et al.*, 2012; Leão *et al.*, 2012). According to Giangrande (1997), this continuous reproductive period, spanning virtually the whole year, is associated to a short gametogenic cycle and to the small size of the individuals, which do not have enough space to produce a large number of eggs in a single spawning and, therefore, the species tends towards a continuous reproduction.

In summary, *P. neocaeca* shows continuous recruitment and moderate mean growth ( $K=1.35$ ) with a significant decrease in winter-spring periods. The mean body size and the estimated

longevity and mortality varied between sites probably as a result of the structural differences they present, mainly mussel density and silt and clay content. As recorded by Riascos *et al.* (2011) for *P. biocipitalis*, the population dynamics of *P. neocaeca* was more related to its host species (and to stochastic events that influenced the host species) than to variables such as interstitial salinity, sediment temperature, organic matter, and sediment mean diameter grain.

## REFERENCES

- Amaral, A.C.Z. & Nonato, E.F., 1996. *Annelida: Polychaeta: Características, Glossário e Chaves para Famílias e Gêneros da Costa Brasileira*. Editora da UNICAMP, Campinas, SP, 124 pp.
- Amaral, A.C.Z. & Denadai, M.R., 2011. *Caracterização de Praias arenosas*. **In:** *Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo – Sudeste do Brasil*. (orgs. Amaral, A.C.Z. & Nallin, S.A.H.). Campinas, SP: Unicamp/IB.
- Anger, K., Anger, V., Hagmeier, E., 1986. Laboratory studies on larval growth of *Polydora ligni*, *Polydora ciliata*, and *Pygospio elegans* (Polychaeta, Spionidae). *Helgolander Meeresunters.* **40**: 377-395. **In:** Zajac, R.N., 1991a. Population ecology of *Polydora ligni* (Polychaeta: Spionidae). I. Seasonal variation in population characteristics and reproductive activity. *Marine Ecology Progress Series*, **77**: 197-206.
- Arendt, J.D., 1997. Adaptive intrinsic growth rates: an integration across taxa. *The Quarterly Review of Biology*, **72**: 149-177.
- Bhattacharya, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **23**: 115-135.
- Blake, J.A., 1969. Reproduction and larval development of *Polydora* from Northern New England (Polychaeta: spionidae). *Ophelia*, **7**(1): 1-63.
- Blake, J.A., 1996. *Family Spionidae Grube, 1850*. **In:** *The Annelida Part 3. Vol. 6. Polychaeta: Orbiniidae to Cossuridae*. (eds. Blake, J.A.; Hilbig, B. & Scott, P.H.). Santa Barbara Museum of Natural History, p. 81-224.
- Carranza, A.; Defeo, O.; Beck, M. & Castilla, J.C., 2009. Linking fisheries management and conservation in bioengineering species: the case of South American mussels (Mytilidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **19**: 349-366.
- Daro, M. H. & Polk, P., 1973. The autoecology of *Polydora ciliata* along the Belgian Coast. *Netherlands Journal of sea Research*, **6**: 130-140.
- Day, R.L. & Blake, J.A., 1979. Reproduction and larval development of *Polydora giardi* Mesnil (Polychaeta: Spionidae). *The Biological Bulletin*, **156**: 20-30.
- Desrosiers, G., Vincent, B., Retière, C. & Boucher, L., 1988. Comparison de critères utilisables pour l'étude de la structure des populations du polychète *Nereis virens* (Sars). *Canadian Journal of Zoology*, **66**: 1454-1459.
- Dorsett, D. A., 1961. The behaviour of *Polydora cilliata* (Johnst.). Tube-building and burrowing. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, **41**(3): 577-590.

- Farinaccio, A. & Tessler, M.G., 2006. Dinâmica de sedimentação na Ponta do Camaroeiro, porção Norte da Enseada de Caraguatatuba, SP. *Geociências*, **23**(3): 331-344.
- García-Berthou, E.; Carmona-Catot, G.; Merciai, R. & Ogle, D.H., 2012. A technical note on seasonal growth models. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **22**: 635-640.
- Gayanilo F; Sparre P & Pauly D., 2005. *FAO-ICLARM stock assessment tools II (FISAT II)*. Computerized Information Series (Fisheries).
- Giangrande, A., 1997. Polychaete reproductive pattern, life cycles and life histories: an overview. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **35**: 323-386.
- Giangrande, A; Licciano, M. & Musco, L., 2005. Polychaetes as environmental indicators revisited. *Marine Pollution Bulletin*, **50**: 1153-1162.
- Gillet, P.; Surugiu, V.; Vasile, R.; Metais, I.; Mouloud, M. & Simo, P., 2011. Preliminary data on population dynamics and genetics of *Alitta succinea* (Polychaeta: Nereididae) from the Romanian coast of the Black Sea. *Italian Journal of Zoology*, **78**(1): 229-241.
- Gómez, J. & Defeo, O., 1999. Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda) in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *Marine Ecology Progress Series*, **182**: 209-220.
- Hanski, I., & Gilpin, M., 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society*, **42**: 3-16.
- Hurlbert, S.H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, **54**(2): 187-211.
- Koehn, R.K. & Gaffney, P.M., 1984. Genetic heterozygosity and growth rate in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **82**(1): 1-7.
- Lauckner, G., 1983. *Diseases of mollusca: bivalvia*. In: *Diseases of marine animals*. (ed. Kinne, O.D.) Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, Germany, p. 477-879.
- Leão, L.S.D.; Soares-Gomes, A.; Costa, T. & Santos, C.S.G., 2012. Population dynamics and reproductive strategy of *Scolecopsis goodbodyi* (Polychaeta: Spionidae) in a subtropical atlantic beach. *ZOOLOGIA*, **29**(3): 195-202.
- MacCord, F.S. & Amaral, A.C.Z., 2005. Morphometric analyses of two species of *Scolecopsis* (Polychaeta: Spionidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **85**: 829-834.
- Marcogliese, D.J., 2004. Parasites: Small Players with Crucial Roles in the Ecological Theater. *EcoHealth*, **1**: 151-164.
- Miron, G.Y. & Desrosiers, G.L., 1990. Distributions and population structures of two intertidal estuarine polychaetes in the lower St. Lawrence Estuary, with special reference to environmental factors. *Marine Biology*, **105**(2): 297-306.
- Nacorda, H.M.E. & Yap, H.T., 1997. Structure and temporal dynamics of macroinfaunal communities of a sandy reef flat in the northwestern Philippines. *Hydrobiologia*, **353**: 91-106.
- Omena, E.P. & Amaral, A.C.Z., 2000. Morphometric study of the nereidid *Laeonereis acuta* (Annelida: Polychaeta). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **81**: 423-426.
- Otegui, M.B.P.; Blankensteyn, A. & Pagliosa, P.R., 2012. Population structure, growth and production of *Thoracophelia furcifera* (Polychaeta: Opheliidae) on a sandy beach in Southern Brazil. *Helgoland Marine Research*, **66**(4): 479-488.
- Pagliosa, P.R. & Lana, P.C., 2000. Population dynamics and secondary production of *Nereis oligohalina* (Nereididae: Polychaeta) from a subtropical marsh in southeast Brazil. *Bulletin of Marine Science*, **67**: 259-268.

- Pauly, D., 1983. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (part I). *Fishbyte*, **1**: 9-13.
- Riascos, J.M.; Cuturrufo, M.; Pacheco, A.S. & Oliva, M.E., 2011. Regulatory factors and structure of a component population of the spionid *Polydora biocipitalis* infesting the surf clam *Mesodesma donacium*. *Journal of Aquatic Animal Health*, **23**(3): 125-133.
- Robertson, A.I., 1979. The relationship between annual production: Biomass ratios and lifespans for marine macrobenthos. *Oecologia*, **38**(2): 193-202.
- Rouse, G.W. & F. Pleijel, 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press, New York, 354 pp.
- Sato-Okoshi, W.; Okoshi, K. & Shaw, J., 2008. Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) in south-western Australian waters with special reference to *Polydora uncinata* and *Boccardia knoxi*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **88**(3): 491-501.
- Sato-Okoshi, W.; Okoshi, K.; Koh, B.S.; Kim, Y.H. & Hong, J.S., 2012. Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) associated with commercially important mollusk shells in Korean waters. *Aquaculture*, **350-353**: 82-90.
- Simon, C.A.; Ludford, A. & Wynne, S., 2006. Spionid polychaetes infesting cultured abalone *Haliotis midae* in South Africa. *African Journal of Marine Science*, **28**(1): 167-171.
- Souza, C. R. G., 2009. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, **9**(1): 17-37.
- Souza, J.R.B. & Borzone, C.A., 2000. Population dynamics and secondary production of *Scolecopsis squamata* (Polychaeta: Spionidae) in an exposed sandy beach of southern Brazil. *Bulletin of Marine Science*, **67**: 221-233.
- Souza, J.R.B. & Borzone, C.A., 2007. Population dynamics and secondary production of *Euzonus furciferus* (Polychaeta: Opheliidae) in an exposed sandy beach of southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**: 1139-1144.
- Sparre, P.; Ursin, E. & Venema, S.C., 1989. *Introduction to Tropical Fish Assessment: Manual*. FAO Fisheries Technical Papers (306/1), FAO, Rome.
- Stephen, D., 1978. Mud blister formation by *Polydora ciliata* in the indian backwater oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). *Aquaculture*, **13**: 347-350.
- Studer, A.; Widmann, M.; Poulin, R. & Krkošek, M., 2013. Large scale patterns of trematode parasitism in a bivalve host: no evidence for a latitudinal gradient in infection levels. *Marine Ecology Progress Series*, **491**: 125-135.
- Tamayo, D.; Ibarrola, I.; Urrutxurtu, I. & Navarro, E., 2014. Physiological basis of extreme growth rate differences in the spat of oyster (*Crassostrea gigas*). *Marine Biology*, **161**: 1627-1637.
- Turra, A.; Petracco, M., Amaral, A.C.Z. & Denadai, M.R., 2014. Population biology and secondary production of the harvested clam *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae) in Southeastern Brazil. *Marine Ecology*, 1-14.
- Warwick, R.M. & Price, R., 1975. Macrofauna production in an estuarine mudflat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **55**: 1-18.
- Williams, J. D., 2001. Reproduction and larval development of *Polydora robi* (Polychaeta: Spionidae), an obligate commensal of hermit crabs from Philippines. *Invertebrate Biology*, **120**: 237-247.
- Williams, J.D. & Radashevsky, V.I., 1999. Morphology, ecology, and reproduction of a new *Polydora* species from the east coast of North America (Polychaeta: Spionidae). *Ophelia*, **51**(2): 115-127.
- Wilson, R.S.; Hutchings, P.A. & Glasby, C.J., 2003. *Polychaetes: An Interactive Identification Guide*. CSIRO Publishing, Melbourne.

- Zajac, R.N., 1991a. Population ecology of *Polydora ligni* (Polychaeta: Spionidae). I. Seasonal variation in population characteristics and reproductive activity. *Marine Ecology Progress Series*, **77**: 197-206.
- Zajac, R.N., 1991b. Population ecology of *Polydora ligni* (Polychaeta: Spionidae). II. Seasonal demographic variation and its potential impact on life history evolution. *Marine Ecology Progress Series*, **77**: 207-220.



## Figure legends

**Figure 1.** Temporal variation in area (A) and in mean density of *Mytella charruana* (B) at Camaroeiro and Cidade mussel beds from March 2006 to February 2007. The vertical bars indicate the standard error.

**Figure 2.** *Polydora neocaeca* monthly mean abundances sampled on *Mytella charruana* shells (A) and mean densities sampled on substrate (B) at Camaroeiro and Cidade mussel beds from March 2006 to March 2007.

**Figure 3.** Temporal variation in mean width of the setiger 5 (WS5) of *Polydora neocaeca* individuals sampled at Camaroeiro and Cidade mussel beds from March 2006 to March 2007. The vertical bars indicate the standard error.

**Figure 4.** Monthly distribution of *Polydora neocaeca* abundance at Camaroeiro and Cidade mussel beds based on the width of the setiger 5 (WS5) size classes. The cohorts are indicated by numerated arrows. The white bars represent the size classes without enough individual for the detection of a cohort.

**Figure 5.** Modal progression analysis based on the frequency distribution of *Polydora neocaeca* size classes of the width of the setiger 5 (WS5) of individuals sampled at Camaroeiro and Cidade mussel beds from March 2006 to March 2007.

**Figure 6.** Growth curves for the Camaroeiro and Cidade populations of *Polydora neocaeca* based on the growth parameters estimated from the width of the setiger 5 (WS5) frequency data.

**Figure 7.** Length-converted catch curves used to estimate the mortalities of the three successive age classes (1–3) and of the total populations of *Polydora neocaeca* sampled at Camaroeiro and Cidade mussel beds. The regression equations and estimated  $r^2$  and Z values are given in Table 2.

**Table 1.** Mean and standard deviation of the environmental variables determined for Camaroeiro and Cidade mussel beds. The ANOVA results that compare sites are indicated in parentheses after the variable name.

	MEAN ( $\pm$ SD)	RANGE*
<b>SEDIMENT TEMPERATURE (<math>^{\circ}</math>C)</b>	<b>(<math>F_{(1, 20)} = 0.72</math>, <math>P = 0.79</math>)</b>	
Camaroeiro	23.42 ( $\pm$ 3.38)	18-29
Cidade	23.78 ( $\pm$ 2.85)	20-29
<b>SALINITY (PSU)</b>	<b>(<math>F_{(1, 20)} = 0.72</math>, <math>P = 0.78</math>)</b>	
Camaroeiro	30.48 ( $\pm$ 1.81)	26-32
Cidade	30.68 ( $\pm$ 1.38)	28-33
<b>CALCIUM CARBONATE (%)</b>	<b>(<math>F_{(1, 22)} = 9.46</math>, <math>P = 0.006</math>)</b>	
Camaroeiro	8.59 ( $\pm$ 1.25)	6.7-10.6
Cidade	10.03 ( $\pm$ 1.04)	8.4-11.1
<b>ORGANIC MATTER (%)</b>	<b>(<math>F_{(1, 22)} = 0.68</math>, <math>P = 0.43</math>)</b>	
Camaroeiro	4.65 ( $\pm$ 1.26)	2.2-6.1
Cidade	4.99 ( $\pm$ 0.80)	3.5-6.1
<b>SILT AND CLAY (%)</b>	<b>(<math>F_{(1, 22)} = 15.47</math>, <math>P &lt; 0.001</math>)</b>	
Camaroeiro	4.31 ( $\pm$ 1.80)	1.7-7.2
Cidade	8.06 ( $\pm$ 2.77)	4.0-14.0
<b>MEAN DIAMETER (phi)</b>	<b>(<math>F_{(1, 22)} = 0.25</math>, <math>P = 0.62</math>)</b>	
Camaroeiro	2.49 ( $\pm$ 0.37)	1.7-2.8
Cidade	2.43 ( $\pm$ 0.17)	2.1-2.6

\* Range corresponds to the minimum and maximum monthly means.

**Table 2.** Estimates of mortality ( $Z$ : year<sup>-1</sup>) of the three successive age classes (1–3) and of the total Camaroeiro and Cidade populations of *Polydora neocaeca* based on their length-converted catch curves (see Figure 7 for the plots).

Camaroeiro					Cidade				
Fitted models	Points	Equation	r <sup>2</sup>	Z	Fitted models	Points	Equation	r <sup>2</sup>	Z
1	1-3	6.32-5.30x	0.99	5.30	1	2-6	6.76-4.44x	0.96	4.44
2	6-10	13.79-8.34x	0.95	8.34	2	8-13	13.00-6.79	0.98	6.79
3	12-18	6.62-3.30x	0.75	3.30	3	15-19	10.78-4.64x	0.79	4.64
Total	5-18	7.43-3.77x	0.89	3.77	Total	2-19	6.85-2.97	0.87	2.97

**Table 3.** Population attributes of brazilian polychaete species. L<sub>∞</sub> theoretical maximum length; K growth constant; C constant of the seasonal growth oscillation; WP period of growth reduction; Rn adjustment index; Z mortality rate.

Species	Family	L <sub>∞</sub> (mm)	K	C	WP	Rn	Z (anos <sup>-1</sup> )	Longevity (anos)	Recruitment Pattern	Study
<i>Scoelepis squamata</i>	Spionidae	0.70	3.05	0.93	0.48	0.285	4.02	0.6	continuous	Souza & Borzone, 2000 *
<i>Scoelepis goodbodyi</i>	Spionidae	1.23	1.20	0	0	-	0.73	2.5	continuous	Leão et al., 2012
<b><i>Polydora neocaeca</i></b>	<b>Spionidae</b>	<b>1.1</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.225</b>	<b>3.77</b>	<b>1.2</b>	<b>continuous</b>	<b>Present (Camaroeiro)</b>
<b><i>Polydora neocaeca</i></b>	<b>Spionidae</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.236</b>	<b>3.03</b>	<b>1.4</b>	<b>continuous</b>	<b>Present (Cidade)</b>
<i>Thoracophelia furcifera</i>	Opheliidae	2.32	0.76	1	0.10	0.288	3.20	1.8	fall-winter	Souza & Borzone, 2007
<i>Thoracophelia furcifera</i>	Opheliidae	3.60	0.63	0.30	0.97	0.132	3.80	4.1	fall-winter	Otegui et al., 2012
<i>Laonereis acuta</i>	Nereididae	1.55	1.80	1	0.40	0.241	-	1	continuous	Omena & Amaral, 2000 *
<i>Nereis oligohalina</i>	Nereididae	19.50	4.25	0.35	0.65	0.116	6.66	0.5	continuous	Pagliosa & Lana, 2000 *

\* more than one cohort were recorded for these populations and the estimates presented here correspond to the mean of all cohorts values.

Figure 1

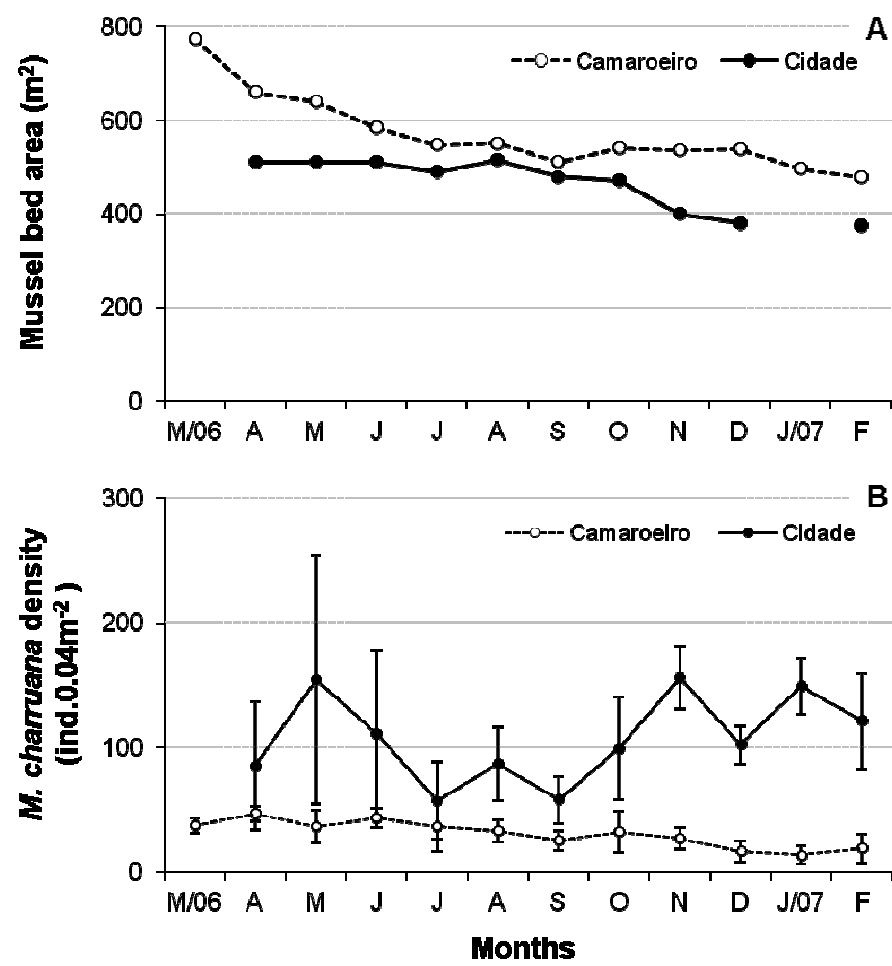


Figure 2

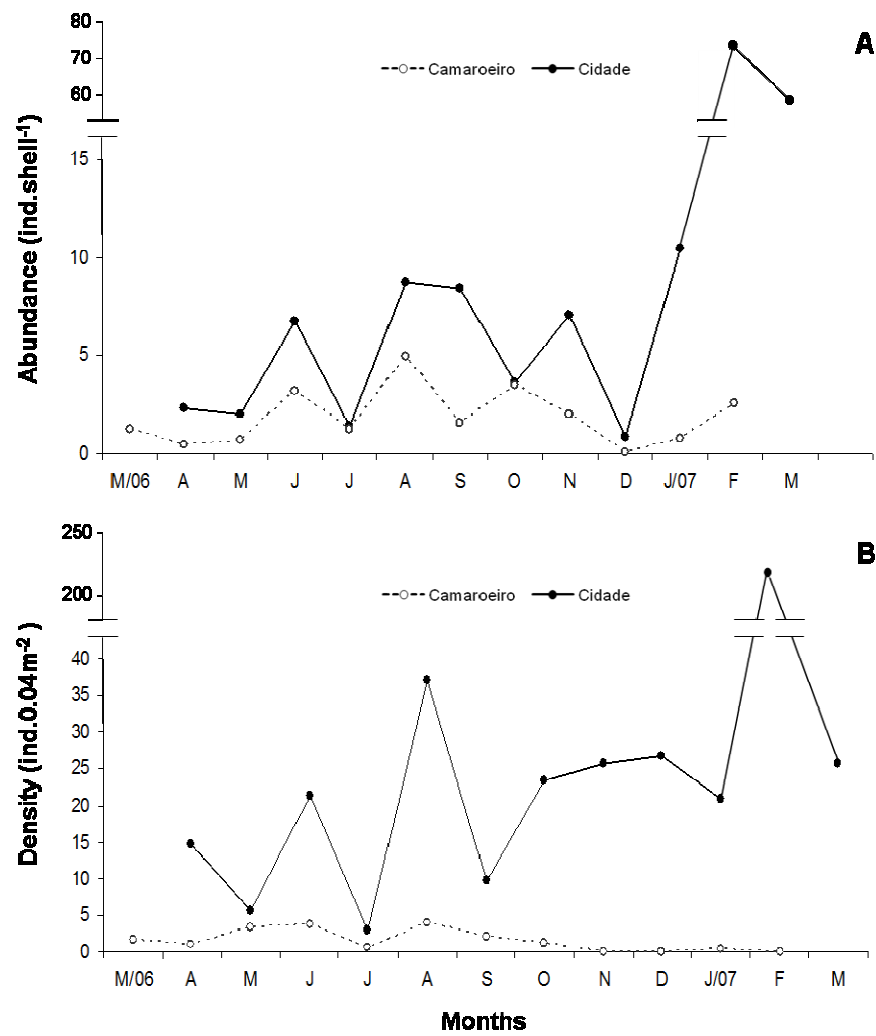
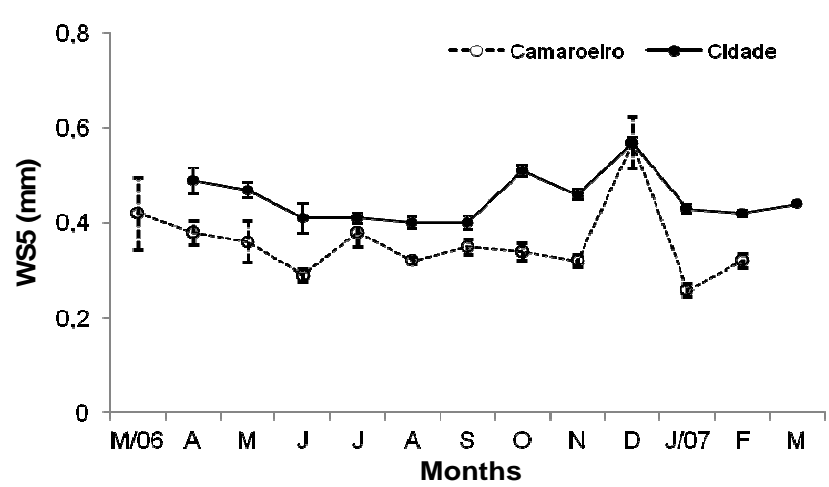


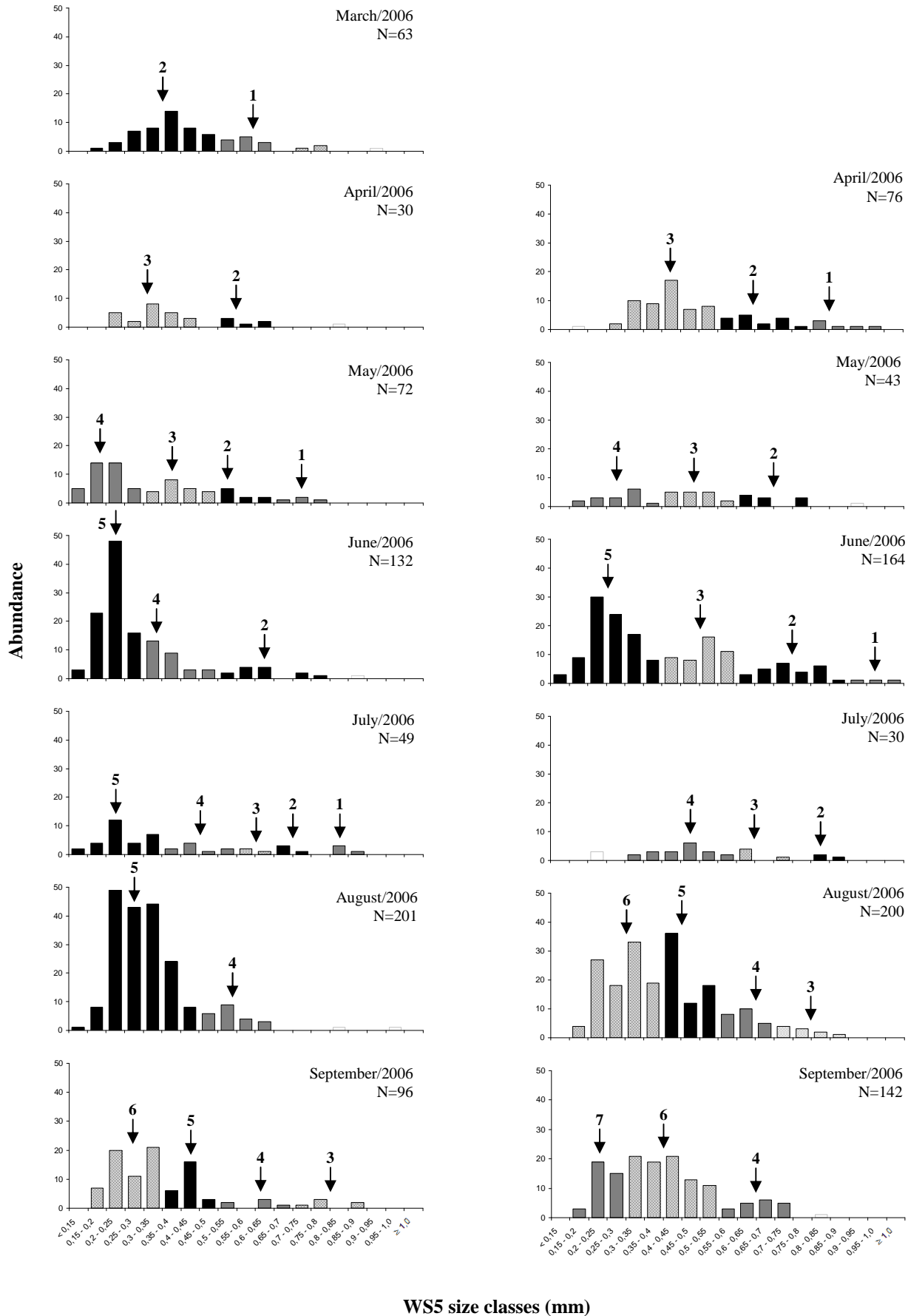
Figure 3



**Figure 4**

**Camaroeiro**

**Cidade**



**Figure 4 (cont.)**

**Camaroeiro**

**Cidade**

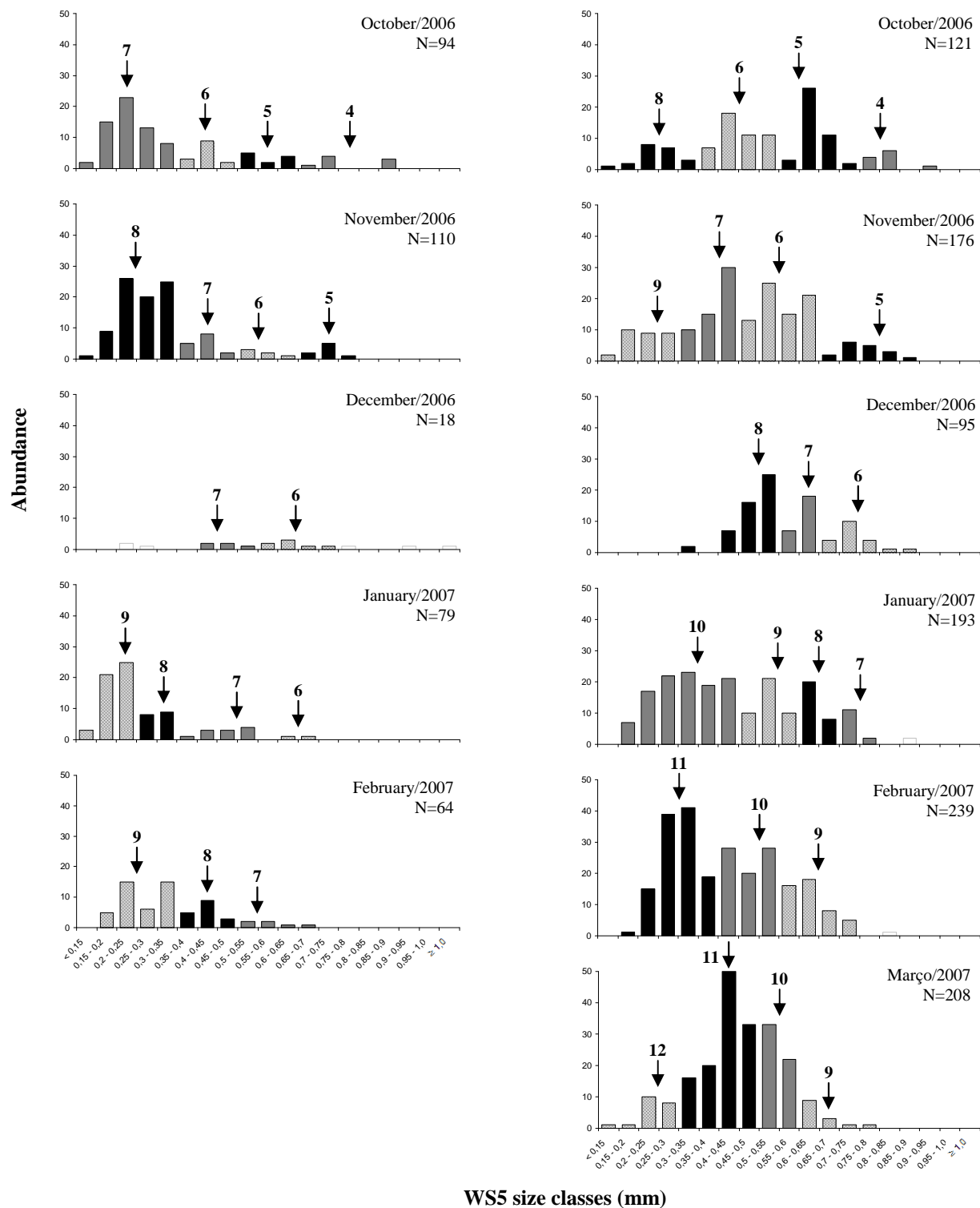


Figure 5

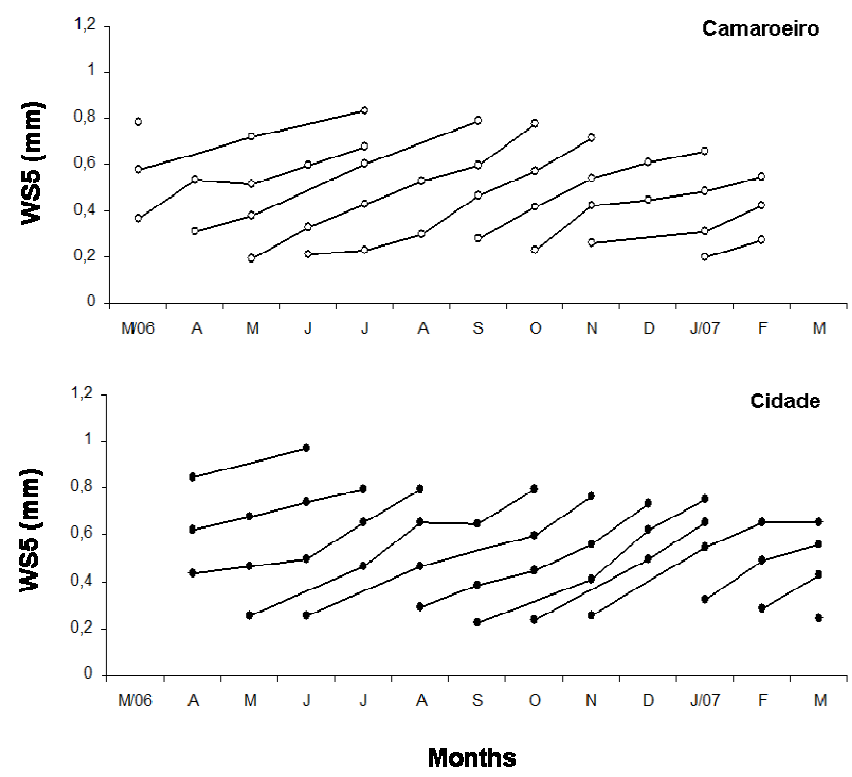




Figure 6

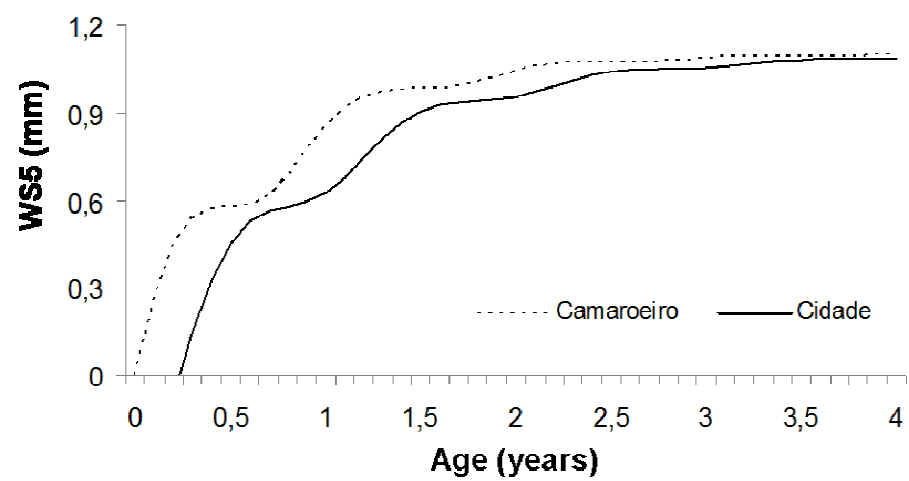
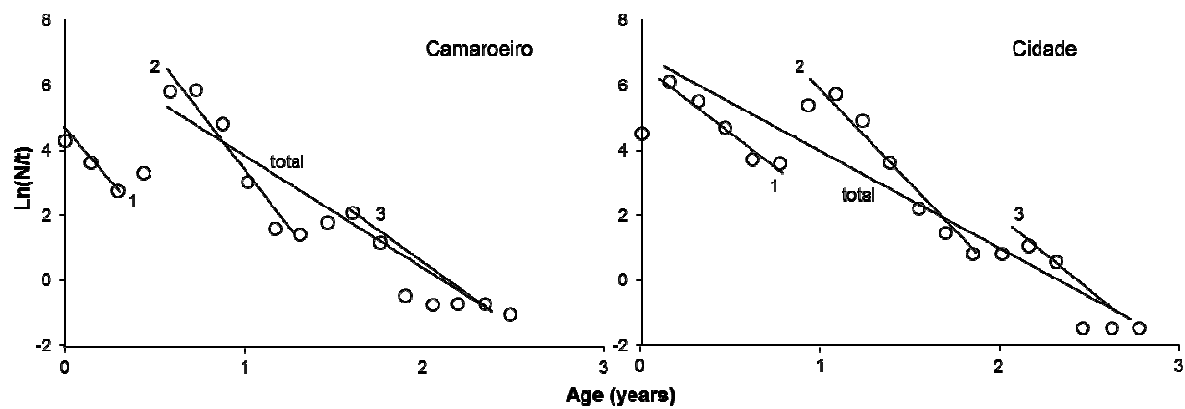


Figure 7



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou a biologia populacional do poliqueta polidorídeo *Polydora neocaeca* que infesta substrato calcário e apresenta comportamento potencialmente parasita de moluscos. Para tal, indivíduos amostrados em dois bancos de *Mytella charruana* (Camaroeiro e Cidade), localizados no Litoral Norte do Estado de São Paulo, foram analisados quanto à morfometria, dinâmica, padrões de recrutamento, longevidade e processos populacionais de crescimento e mortalidade.

Os dois grupos avaliados (Camaroeiro e Cidade) apresentaram diferenças principalmente quanto à abundância média de polidorídeos por concha de mitilídeo, densidade média de polidorídeos no substrato do banco, tamanho médio da largura do setígero 5 e estimativas de longevidade e de mortalidade dos polidorídeos (Tab. 1).

**Tabela 1.** Propriedades de *Polydora neocaeca* que apresentaram diferenças entre os indivíduos amostrados nos bancos do Camaroeiro e da Cidade. Abundância média de polidorídeos por concha de mitilídeo (ind.concha<sup>-1</sup>±SE); Densidade média de polidorídeos no substrato do banco (ind.0,04m<sup>-2</sup>±SE); Tamanho médio da largura do setígero 5 (L5) (mm±SE); Longevidade (t<sub>máx.</sub>) (ano); Taxa de mortalidade (ano<sup>-1</sup>).

População	Abundância de polidorídeos/concha	Densidade de polidorídeos no substrato	Tamanho L5	t <sub>máx</sub>	Mortalidade
<b>Camaroeiro</b>	1,84 ±0,41	1,50 ±0,42	0,33 ±0,005	1,2	3,77
<b>Cidade</b>	15,29 ±6,95	35,94 ±16,76	0,44 ±0,004	1,4	3,03

Essas variações estão ligadas às características estruturais dos bancos, particularmente às densidades dos indivíduos de *Mytella charruana* (Camaroeiro=30,64±2,97 ind.0,04m<sup>-2</sup> (±SE); Cidade=145,00±38,90 ind.0,04m<sup>-2</sup> (±SE)) e aos teores de silte+argila do sedimento (Camaroeiro=4,31±1,80% (±SD); Cidade=8,06±2,77% (±SD)). Os mitilídeos são os organismos estruturadores dos bancos, formando a matriz física que favorece a retenção de sedimento no emaranhado de filamentos de bisso. São, portanto, responsáveis pela formação de microambientes utilizados pela fauna associada como substrato, especialmente por polidorídeos que vivem associados a estruturas calcárias.

Apesar do banco da Cidade ter apresentado um estado morfodinâmico intermediário de energia mais alta em relação ao banco do Camaroeiro, a maior densidade de *M. charruana* e o

alto teor de silte+argila na Cidade contribuíram para uma maior estruturação do referido banco, tornando-o mais favorável ao estabelecimento dos polidórídeos. O depósito contínuo de partículas sobre o banco da Cidade, observado pelo alto teor de silte+argila, pode representar aporte de nutrientes tanto para *M. charruana* quanto para *P. neocaeca* (indivíduos de hábito suspensívoro). Além disso, no período de coleta, o banco do Camaroeiro sofreu alterações devido a processos costeiros naturais que alteraram o curso de um rio localizado próximo ao banco, provocando o seu soterramento gradual.

As propriedades de *P. neocaeca* que diferiram entre os grupos avaliados mostraram-se, portanto, mais relacionadas com a dinâmica da espécie hospedeira e eventos estocásticos que influenciam essa espécie do que com variáveis ambientais como temperatura e salinidade.

Apesar das diferenças citadas, os grupos avaliados também apresentam semelhanças, principalmente quanto ao crescimento relativo de suas medidas, medida mais adequada para estimar o tamanho corporal, constante de crescimento e padrão temporal de recrutamento (Tab. 2).

**Tabela 2.** Propriedades de *Polydora neocaeca* que apresentaram semelhanças entre os indivíduos amostrados nos banco do Camaroeiro e da Cidade. Constante de crescimento de von Bentalanffy (K).

População	Morfometria			Crescimento		
	Modelo alométrico	Alometria	Medida para estimar o tamanho corporal	K	Periodicidade	Picos
<b>Camaroeiro</b>	Dois segmentos	Negativa	L3 ou L5	1,5	Contínuo	Jun e Ago/2006 e Jan/2007
<b>Cidade</b>	Dois segmentos	Negativa	L5	1,2	Contínuo	Jun e Ago/2006 e Jan/2007

Diante desses resultados, pode-se concluir que, associada a bancos de mitilídeos, *Polydora neocaeca* apresenta crescimento relativo seguindo um modelo segmentado (cujo ponto de descontinuidade representa uma potencial fonte de informação), alometria negativa (típica de poliquetas), largura do sétimo 5 como uma medida adequada para a estimativa do tamanho corporal, crescimento populacional moderado e recrutamento contínuo.

Essas propriedades populacionais costumam ser variáveis mediante a diferença nas condições e recursos ambientais e nas interações biológicas em que os indivíduos estão inseridos. Nesse estudo, porém, mostraram-se relativamente constantes, o que reflete características inerentes à história de vida da espécie. Além disso, esses resultados sugerem que haja fluxo gênico entre os grupos avaliados, tratando-se, portanto, de uma mesma metapopulação.